

**DIAGNOSTICO ENERGETICO DE SEGUNDO GRADO EN LA UNIVERSIDAD  
AUTONOMA DE OCCIDENTE  
EDIFICIO PRINCIPAL ALA NORTE**

**JAVIER ALBERTO GOMEZ VERGEZ  
ALVARO JOSE GUTIERREZ MORENO**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE ENERGETICA Y MECANICA  
PROGRAMA INGENIERIA ELECTRICA  
SANTIAGO DE CALI  
2007**

**DIAGNOSTICO ENERGETICO DE SEGUNDO GRADO EN LA UNIVERSIDAD  
AUTONOMA DE OCCIDENTE  
EDIFICIO PRINCIPAL ALA NORTE**

**JAVIER ALBERTO GOMEZ VERGEZ  
ALVARO JOSE GUTIERREZ MORENO**

**Proyecto de Grado para optar el titulo de  
Ingenieros Electricistas**

Directora  
**ROSAURA DEL PILAR CASTRILLÓN**  
Ingeniera Electricista

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE ENERGETICA Y MECANICA  
PROGRAMA INGENIERIA ELECTRICA  
SANTIAGO DE CALI  
2007**

**Nota de aceptación:**

**Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Electricista.**

**ROSAURA DEL PILAR CASTRILLON**  
**Director**

**HENRY MAYA**  
**Jurado**

**Santiago de Cali, 29 de Enero de 2007**

## **AGRADECIMIENTOS**

Javier Alberto: dedico este trabajo de grado a mis Padres, hermano, sobrina, familiares y amigos que estuvieron muy pendientes de mi desarrollo profesional y que me brindaron su apoyo incondicional.

Álvaro José: dedico este trabajo de grado a mí amada esposa, padres, hermanos y familiares, y agradezco por el amor y apoyo incondicional que siempre me han brindado.

Un Agradecimiento muy especial a la Ingeniera y Directora de Tesis Rosaura del Pilar Castrillón por su constante apoyo y aporte a este proyecto, y quien con su profesionalismo y excelente labor de docente contribuyo en nuestra formación académica.

Al Ingeniero Carlos Borrero por su participación, colaboración y tiempo que nos dedicó durante la fase de toma y recolección de datos.

Agradecemos también al Ingeniero Juan Pablo Salazar por su aporte en la elaboración del bosquejo para la campaña publicitaria.

De igual manera, agradecemos al docente evaluador Ingeniero Henry Maya por los valiosos comentarios.

## **CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>13</b>
<b>INTRODUCCION</b> <b>134</b>	
<b>2. ANTECEDENTES</b>	<b>17</b>
<b>3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>19</b>
<b>4. OBJETIVOS</b>	<b>21</b>
<b>4.1 OBJETIVO GENERAL</b>	<b>21</b>
<b>4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>21</b>
<b>5. METODOLIGIA UTILIZADA EN EL DIAGNOSTICO</b>	<b>22</b>
<b>5.1 PROCEDIMIENTO</b>	<b>22</b>
<b>6. DESCRIPCION DEL SISTEMA ELECTRICO DEL AREA DE ESTUDIO</b>	<b>23</b>
<b>7. CARACTERIZACION ENERGETICA UAO</b>	<b>25</b>
<b>7.1 ENCUESTA PARA ANALIZAR LA APLICACIÓN DE UN MODELO DE ESTION EFICIENTE DE LA ENERGIA EN LA UAO</b>	<b>25</b>
<b>7.2 RESULTADO DE LA ENCUESTA</b>	<b>30</b>
<b>8. ANÁLISIS DE CONSUMO Y CALIDAD ENERGÍA</b>	<b>36</b>
<b>9. CONSUMO DE POTENCIA NOMINAL EN AREA DE ESTUDIO</b>	<b>40</b>
<b>10.ÍNDICE DE CONSUMO</b>	<b>43</b>
<b>11. ANALISIS DE LOS PRINCIPALES ENERGETICOS UTILIZADOS EN EL AREA DE ESTUDIO</b>	<b>45</b>
<b>11.1. SISTEMA DE ILUMINACION</b>	<b>45</b>

	<b>Pág.</b>
<b>11.1.1. DESCRIPCION SISTEMA DE ILUMINACION</b> ¡Error! Marcador no definido.	
<b>11.1.2. DESCRIPCION DE LAS LAMPARAS UTILIZADAS EN EL AREA DE ESTUDIO</b>	<b>46</b>
<b>11.1.3 CONCEPTOS BASICOS DE ILUMINACION</b>	<b>47</b>
<b>11.1.4. INSTRUMENTOS DE MEDICION</b>	<b>48</b>
<b>11.1.5. CARACTERISTICAS DEL EQUIPO UTILIZADO</b>	<b>48</b>
<b>11.1.6. PROCEDIMIENTO</b>	<b>48</b>
<b>11.1.7. VALORES OBTENIDOS DE LA MEDICION</b>	<b>49</b>
<b>11.1.8. CRITERIOS DE VALORACION</b>	<b>55</b>
<b>11.1.9. NIVEL DE CONSUMO EN ILUMINACION</b>	<b>59</b>
<b>11.1.10 ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS EN LOS TABLEROS DE ILUMINACION</b>	<b>61</b>
<b>11.2. CIRCUITOS ASOCIADOS AL CONSUMO DE LOS COMPUTADORES</b>	<b>66</b>
<b>11.2. CONSUMO NOMINAL DE ENERGIA EN CADA SECTOR</b>	<b>67</b>
<b>11.2.2. PROCEDIMIENTO</b>	<b>67</b>
<b>11.2.3. CARACTERISTICAS TECNICAS DE EQUIPO UTILIZADO</b>	<b>67</b>
<b>11.2.4. VALORES OBTENIDOS DE LA MEDICION</b>	<b>68</b>
<b>11.2.5. NIVEL DE CONSUMO DE ENERGIA TOMAS PISO 1</b>	<b>68</b>
<b>11.2.6. NIVEL DE CONSUMO DE ENERGIA PISO 2</b>	<b>72</b>
<b>11.2.7. NIVEL DE CONSUMO DE ENERGIA PISO 3</b>	<b>74</b>
<b>11.2.8. NIVEL DE CONSUMO DE ENERGIA PISO 4</b>	<b>76</b>
<b>11.2.9. RESUMEN DE MEDICION EN TRANSFORMADORES</b>	<b>79</b>

	<b>Pág.</b>
<b>11.2.9.CALCULO EFICIENCIA Y FACTOR K EN TRANSFORMADOR DE 30 KVA</b>	<b>80</b>
<b>11.3. CARACTERIZACION DE COMPUTADORES</b>	<b>82</b>
<b>12. PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE AHORRO DE ENERGIA EN TERMINOS DE HABITOS DE CONSUMO</b>	<b>91</b>
<b>13.. CONCLUSIONES</b>	<b>97</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>99</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>101</b>

## **LISTA DE TABLAS**

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1. Análisis de Consumo</b>	<b>18</b>
<b>Tabla 2. Encuesta gestión energética UAO</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 3. Inventario de luminarias y computadores en cada sector</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 4. Valores de referencia para una buena calidad de energía eléctrica</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 5. Nivel de Luminancia en el Área de Estudio</b>	<b>39</b>
<b>Tabla 6. Consumo nominal diario de potencia en cada sector</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 7. Discriminación de Consumos de Energía en Un Puesto de Trabajo</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 8. Descripción de luminarias en cada área</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 9. Descripciones de luminarias en pasillos y corredores</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 10. Niveles de iluminancia facultad de Comunicación Social y Ciencias Económicas y Administrativas</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 11. Niveles de iluminancia facultad de Ingeniería</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 12. Niveles de iluminancia Rectoría y Vicerrectoría de Investigaciones y Desarrollo Tecnológico</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 13. Niveles de iluminancia Vicerrectoría Académica</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 14. Niveles de iluminancia Vicerrectoría Administrativa</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 15. Niveles de iluminancia Departamento de Registro Académico</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 16. Niveles de iluminancia facultad de Ciencias Básicas</b>	<b>54</b>
<b>Tabla 17. Resumen Consumo Energía en Iluminación En el Área de Estudio</b>	<b>69</b>



	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 18. Resumen datos THD en tableros de iluminación</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 19. Inventario de computadores en servicio</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 20. Datos placa computadores IBM</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 21. Consumo de potencia teórico en cada sector de trabajo</b>	<b>67</b>
<b>Tabla 22. Resumen valores obtenidos de medición en transformadores</b>	<b>79</b>
<b>Tabla 23. Valores de Corriente y Tiempo Trafo 30 KVA</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 24. Parámetros eléctricos computador con monitor CRT</b>	<b>83</b>
<b>Tabla 25. Parámetros eléctricos computador con monitor LCD</b>	<b>83</b>
<b>Tabla 26. Parámetros energéticos monitor CRT en modo descanso y apagado</b>	<b>86</b>
<b>Tabla 27. Parámetros energéticos pantalla LCD en modo descanso y apagado</b>	<b>87</b>
<b>Tabla 28. Resumen de Consumo de Potencia y Ahorro Económico</b>	<b>90</b>

## **LISTA DE GRAFICAS**

	<b>Pág.</b>
<b>Grafica 1. Diagrama Unifilar área de estudio</b>	<b>24</b>
<b>Grafica 2. Calificación promedio de encuesta para la aplicación de un modelo de gestión eficiente de la energía en la UAO</b>	<b>31</b>
<b>Grafica 3. Estimado de distribución de demanda de Equipos instalados</b>	<b>36</b>
<b>Grafico 4. Porcentaje Consumo de energía en área de estudio frente al total</b>	<b>41</b>
<b>Grafico 5. Consumo nominal de energía por sector</b>	<b>41</b>
<b>Grafico 6. Diagrama de Pareto Consumo energético por sector</b>	<b>42</b>
<b>Grafico 7. Nivel promedio de iluminancia Vicerrectoría Administrativa</b>	<b>55</b>
<b>Grafico 8. Nivel promedio de iluminancia Facultad de Ingeniería</b>	<b>55</b>
<b>Grafico 9. Nivel promedio de iluminancia Departamento de Registro Académico</b>	<b>56</b>
<b>Grafico 10. Nivel promedio de iluminancia Departamento de Ciencias Básicas</b>	<b>56</b>
<b>Grafico 11. Nivel promedio de iluminancia Vicerrectoria Académica</b>	<b>57</b>
<b>Grafico 12. Nivel promedio de iluminancia Rectoría y Vicerrectoria de Investigaciones y Desarrollo Tecnológico</b>	<b>57</b>
<b>Grafico 13. Nivel promedio de iluminancia Facultad de Comunicaciones Social y Ciencias Económicas y Administrativas</b>	<b>58</b>
<b>Grafico 14. Porcentaje de iluminancia vs Lux</b>	<b>58</b>
<b>Grafico 15. Promedio de iluminancia por área de trabajo</b>	<b>58</b>
<b>Grafico 16. Nivel promedio de consumo de energía en iluminación pisos Uno y Dos</b>	<b>60</b>

	Pág.
<b>Grafico 17. Nivel promedio de consumo de energía en iluminación pisos Tres y Cuatro</b>	<b>60</b>
<b>Grafico 18. Nivel de THDv Línea L1 Tablero Iluminación TD-6 piso 1</b>	<b>62</b>
<b>Grafico 19. Nivel de THDv Línea L2 Tablero Iluminación TD-6 piso 1</b>	<b>62</b>
<b>Grafico 20. Nivel de THDv Línea L3 Tablero Iluminación TD-6 piso 1</b>	<b>63</b>
<b>Grafico 21. Resumen Nivel de THDi Tablero Iluminación TD-6 piso 1</b>	<b>63</b>
<b>Grafico 22. Nivel de THDv Línea L1 Tablero Iluminación TD-8 piso 3</b>	<b>64</b>
<b>Grafico 23. Nivel de THDv Línea L2 Tablero Iluminación TD-8 piso 3</b>	<b>64</b>
<b>Grafico 24. Nivel de THDv Línea L3 Tablero Iluminación TD-8 piso 3</b>	<b>65</b>
<b>Grafico 25. Resumen Nivel de THDi Tablero Iluminación piso 3</b>	<b>65</b>
<b>Grafico 26. Promedio consumo Potencia piso 1 trafo 20KVA</b>	<b>68</b>
<b>Grafico 27. Nivel de armónicos en Trafo 20 KVA Piso 1</b>	<b>69</b>
<b>Grafico 28. Desbalance de tensión y corriente trafo 20 KVA piso 1</b>	<b>69</b>
<b>Gráfico 29. Diagrama fasorial de líneas trafo 20 KVA piso 1</b>	<b>70</b>
<b>Grafico 30. Promedio consumo Potencia piso 1 trafo 30KVA</b>	<b>70</b>
<b>Grafico 31. Nivel de armónicos en Trafo 30 KVA Piso 1</b>	<b>71</b>
<b>Grafico 32. Parámetros de desbalance trafo 30 KVA piso 1</b>	<b>71</b>
<b>Grafico 33. Promedio consumo Potencia trafo 20KVA piso 2</b>	<b>72</b>
<b>Grafico 34. Nivel de Armónicos de corriente trafo 20KVA piso 2</b>	<b>72</b>
<b>Grafico 35. Parámetros de desbalance trafo 20 KVA piso 2</b>	<b>73</b>
<b>Grafico 36. Diagrama fasorial de líneas trafo 20 KVA piso 2</b>	<b>73</b>
<b>Grafico 37. Promedio consumo Potencia trafo 20KVA piso 3</b>	<b>74</b>

	<b>Pág.</b>
<b>Grafico 38. Nivel de armónicos en trafo 20KVA piso 3</b>	<b>74</b>
<b>Grafico 39. Parámetros de desbalance trafo 20 KVA piso 3</b>	<b>75</b>
<b>Grafico 40. Diagrama fasorial de líneas trafo 20 KVA piso 3</b>	<b>75</b>
<b>Grafico 41. Promedio consumo Potencia trafo 25KVA piso 4</b>	<b>76</b>
<b>Grafico 42. Nivel de armónicos en trafo 25KVA piso 4</b>	<b>76</b>
<b>Grafico 43. Promedio consumo Potencia trafo 20KVA piso 4</b>	<b>77</b>
<b>Grafico 44. Nivel de armónicos en trafo 20KVA piso 4</b>	<b>77</b>
<b>Grafico 45. Parámetros de desbalance trafo 20 KVA piso 4</b>	<b>78</b>
<b>Grafico 46. Diagrama fasorial de líneas trafo 20 KVA piso 4</b>	<b>78</b>
<b>Grafico 47. Nivel de cargabilidad transformadores</b>	<b>79</b>
<b>Grafico 48. Comparativo de Consumo de Corriente en Computadores</b>	<b>84</b>
<b>Grafico 49. Comparativo Consumo de Potencia en Computadores</b>	<b>84</b>
<b>Grafico 50. Comparativo Factor de Potencia en Computadores</b>	<b>84</b>
<b>Grafico 51. Comparativo Armónicos de Voltaje en Computadores</b>	<b>85</b>
<b>Grafico 52. Comparativo Armónicos de Corriente en Computadores</b>	<b>85</b>
<b>Grafico 53. Comparativo Consumo de Corriente en Monitores</b>	<b>87</b>
<b>Grafico 54. Comparativo Consumo de Potencia en Monitores</b>	<b>88</b>
<b>Grafico 55. Comparativo Consumo de Factor de Potencia en Monitores</b>	<b>88</b>
<b>Grafico 56. Comparativo Consumo de THDv en Monitores</b>	<b>89</b>
<b>Grafico 57. Comparativo Consumo de THDi en Monitores</b>	<b>89</b>
<b>Grafica 58: Campaña Ahorro De Energía UAO</b>	<b>95</b>

## **LISTA DE ANEXOS**

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo A. Diagrama unifilar subestación 1</b>	<b>101</b>
<b>Anexo B. Diagrama unifilar piso 1 ala norte</b>	<b>102</b>
<b>Anexo C. Diagrama unifilar piso 3 ala norte</b>	<b>103</b>
<b>Anexo D.terminología usada en calidad de energía</b>	<b>104</b>
<b>Anexo E. Fuentes generadoras de armónicos</b>	<b>106</b>
<b>Anexo F. Niveles de iluminancia, adoptados de la norma iso 8995</b>	<b>108</b>

## **RESUMEN**

En el siguiente trabajo se hizo el diagnostico energético de segundo grado en el ala norte de la universidad autónoma de occidente teniendo como base las mediciones realizadas en los tableros de distribución de dicha área de estudio. Los Parámetros de energía medidos fueron: voltaje, corriente, potencia, factor de Potencia, Armónicos, desbalance de voltaje y corriente. Además se realizo una evaluación del sistema de iluminación del área de estudio, donde se evalúa su estado actual frente a la norma de iluminación y se hacen recomendaciones al respecto. Se realizo una encuesta para evaluar la gestión de eficiencia energética en el área de estudio y se hicieron las observaciones encontradas en dicha encuesta. Comparamos el consumo de un PC con su pantalla normal y con una pantalla LCD y sacamos las conclusiones al respecto, por último se hizo una propuesta para la implementación de un programa de ahorro energético, y para la campaña publicitaria de la misma.

## INTRODUCCION

Este trabajo esta orientado a establecer condiciones necesarias para efectuar Ahorro de Energía Eléctrica, incluyendo aspectos técnicos, organizacionales, de gestión y de cultura de consumo, para lo que resulta necesario fijar y evaluar los factores que determinan el nivel de consumo de Energía Eléctrica en el área a estudiar y diseñar una metodología conducente al ahorro de Energía.

Como se pretende disminuir los costos relacionados al consumo energético del sistema eléctrico se hace necesario realizar un diagnostico, que permita evaluar la situación energética actual, determinando las anomalías presentadas por el sistema, el consumo energético real y los focos de desperdicio de energía eléctrica, para formular medidas a corto, mediano y largo plazo.

Hacer un uso eficiente de la energía surge como un requisito necesario de todos los actores del mercado energético: productores, consumidores, reguladores, y es además una solución concreta que contribuye a mejorar la competitividad de la economía, disminución de impactos ambientales derivados de una menor producción y consumo de energía.

En términos generales, el uso eficiente de energía eléctrica significa obtener mejores resultados de producción con menos recursos, lo cual se traducirá en menores costos de manufactura, más productos con menos desperdicios y bajos consumos de energía.

No debemos pensar que ahorrar energía eléctrica es reducir nuestro nivel de bienestar o el grado de satisfacción de nuestras necesidades, sino por el contrario es dar lugar a una reflexión y un cambio en los comportamientos que conduzcan a un uso racional de la misma.

En Colombia se implemento la ley de Uso Racional de la Energía (URE – ley 697 de 2001) la cual declara el Uso Racional y Eficiente de la Energía como asunto de interés social, publico y de conveniencia nacional.

Algunas de las ventajas que se obtienen al implementar un URE son:

- Costos de producción menores: al consumir menos energía por unidad producida, los costos se reducen.
- Capacidad de generación y utilización del sistema eléctrico disponible para otros usos.

- Menor desperdicio de energía.
- Menores niveles de contaminación.

En el proyecto se efectuaron labores a destacar como el diagnóstico y caracterización energética del área de estudio, la evaluación del sistema de iluminación y consumo de energía de computadores, para finalmente proponer medidas de ahorro de energía y un análisis de la calidad de la energía en los sistemas eléctricos que se involucran en el edificio.

A continuación se presenta el conjunto de Actividades:

- Descripción del sistema eléctrico del edificio.
- Inventario de equipos de luminarias y computadores.
- Cuantificar el consumo nominal de energía en cada sector del edificio.
- Medición de consumo de energía, factor de potencia, niveles de armónicos y desbalance de cargas.
- Análisis de datos obtenidos para confrontar el consumo de energía real frente al consumo nominal y de esa manera determinar el estado del uso de energía.
- De igual manera, se indica el nivel de calidad de energía y eficiencia de los equipos eléctricos involucrados.
- Se elaboró un estudio del nivel de iluminación en cada uno de los puestos de trabajo del edificio, con su respectivo análisis y recomendaciones.
- Elaboración de encuesta para evaluar la aplicación de un modelo de gestión eficiente de energía en la Universidad.



## 1. ANTECEDENTES

En la Universidad se han llevado acabo diferentes estudios relacionados con el ahorro energético, de los cuales se destacan el estudio realizado por los Ingenieros Medina y Labiano, el cual involucro los siguientes aspectos principales:

- Descripción del sistema eléctrico del CAMPUS.
- Realización de estudio de calidad de energía a nivel de subestaciones.
- Corroborar el estudio de calidad con el análisis de consumo mensual de energía eléctrica del último año.
- Elaboración de conclusiones de acuerdo al estudio realizado.

Este Estudio plantea que el sistema eléctrico del campus se constituye de tres subestaciones:

**SUBESTACIÓN #1:** se compone de un transformador de potencia de 1000 Kva. Este transformador tiene una relación de voltaje 13.200V/480V/277V conexión DY/5, alimenta un barraje con capacidad interruptiva de 33KA. La subestación alimenta el edificio central, sótano y laboratorios.

**SUBESTACIÓN # 2:** se compone de un transformador de potencia de 500 Kva. Este transformador tiene una relación de voltaje 13.200V/480V/277V conexión DY/5, alimenta un barraje con capacidad interruptiva de 22KA. La subestación 2 alimenta aulas 1, 2, 3 y 4, bienestar universitario, plantas de tratamientos de agua potable y efluentes.

**SUBESTACIÓN # 3:** se compone de un transformador de potencia de 800 Kva. Este transformador tiene una relación de voltaje 13.200V/480V/277V conexión DY/5, alimenta un barraje con capacidad interruptiva de 30KA. Esta subestación alimenta las unidades de enfriadoras (chillers).

Después del análisis efectuado a la calidad de energía, llegaron a conclusiones en que se destacan algunos aspectos como “El nivel de distorsión Armónica de corriente (THD I) en la subestación 1 presenta valores superiores a los recomendados por la IEEE-519: 12 %. La distorsión armónica de corriente es indicativa de la cantidad de cargas no lineales (generadoras de armónicos) que están conectadas al sistema. De acuerdo al diagrama unifilar se puede apreciar que la carga que genera estos armónicos es por parte del alumbrado que utiliza lámparas fluorescentes, Sodio o Mercurio con balasto electrónico, los computadores también contribuyen por que internamente contienen puentes rectificadores y a su vez un sistema de regulación de voltaje por parte de las UPS's.”

“La cargabilidad máxima de los transformadores bajo estudio son en promedio del 55%, encontramos que el transformador de la sub estación 1 presenta una cargabilidad del 35.1% de 1000KVA instalado, técnica y económicamente no es recomendable trabajar los transformadores en niveles de cargabilidad bajos (menores del 40 %) debido a las pérdidas que se generan operando.”

**Tabla 1. Análisis de Consumo**

TABLA ANALISI DE CONSUMO		
PROMEDIO DIA DE ENERGIA ACTIVA EN EL AÑO ANTERIOR	9749,4	KWh/dia
PROMEDIO DIA DE ENERGIA REACTIVA EN EL AÑO ANTERIOR	2842	KVARh/dia
PROMEDIO MENSUAL DE ENERGIA ACTIVA EN EL AÑO ANTERIOR	299910	KWh/mes
PROMEDIO MENSUAL DE ENERGIA REACTIVA EN EL AÑO ANTERIOR	87900	KVARh/mes
MES DE MAXIMO CONSUMO DE ENERGIA ACTIVA EN EL AÑO ANTERIOR	342290	KWh/mes (ABRIL 2005)
MES DE MAXIMO CONSUMO DE ENERGIA REACTIVA EN EL AÑO ANTERIOR	109763	KVARh/mes (ABRIL DE 2005)
MES DE MINIMO CONSUMO DE ENERGIA ACTIVA EN EL AÑO ANTERIOR	215232	KWh/mes (DIC 2005)
MES DE MINIMO CONSUMO DE ENERGIA REACTIVA EN EL AÑO ANTERIOR	48121	KVARh/mes (DIC 2005)
DEMANDA MAXIMA DIA DE ENERGIA ACTIVA EN EL AÑO ANTERIOR	14985	KWh/dia
DEMANDA MINIMA DIA DE ENERGIA ACTIVA EN EL AÑO ANTERIOR	2504	KWh/dia

Fuente: Tesis Diagnostico de primer grado en la Universidad Autónoma de Occidente.

El área de estudio de este proyecto se delimita al ala norte del edificio central, donde se encuentran las siguientes oficinas:

Primer piso: Se localizan los departamentos de registro académico y Vicerrectoria Administrativa.

Segundo piso: Están ubicadas las oficinas de las facultades de Ciencias Básicas y Humanidades.

Tercer piso: Se encuentran las facultades de de Comunicación Social y Ciencias Económicas y Administrativas, adicionalmente la Vicerrectoría Académica

Cuarto piso: Rectoría y Vicerrectoria de Investigaciones y Desarrollo Tecnológico.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Origen de Esta propuesta se presenta al observar y analizar la forma de utilización y consumo de energía en una Institución Universitaria, como la Universidad Autónoma de Occidente, puntualmente en aspectos como la iluminación de salones desocupados en el día y/o en la noche, computadores y demás equipos de oficina encendidos cuando no se están usando, auditorios y espacios con aire acondicionado cuya temperatura de confort es inadecuada, en donde se perciben condiciones que pueden elevar los costos asociados al consumo de electricidad.

El problema de estudio, radica en plantear procedimientos orientados a reducir los consumos de energía eléctrica en la Universidad, específicamente en el ala norte del edificio central.

Esta situación no solo presenta oportunidades de ahorro de energía, sino también la de crear una cultura en torno a ello, a partir del conocimiento de la cantidad de energía desperdiciada y el valor que esto representa en costos al año.

El proyecto pretende recomendar una solución al problema planteado, para lo cual se efectuó un Diagnostico Energético de Segundo Grado\* de los principales equipos instalados en el área de estudios tales como el sistema iluminación y consumo de energía asociado a los computadores.

Adicionalmente, se realizó una apreciación en términos de comportamiento de los empleados, personal docente y estudiantes frente al tema de ahorro de energía destacándose la escasa preocupación y los inadecuados hábitos de utilización de la energía eléctrica.

La necesidad de ahorrar y conservar la energía es una prioridad actual, debido a esto, muchas instituciones han desarrollado sistemas eficientes en el consumo de

---

\* Comprende la evaluación de la eficiencia energética en áreas y equipos de mayor uso, como los motores eléctricos y los equipos que estos accionan, como compresores y equipos de bombeo, y los que integran el área de servicios auxiliares, entre otros. Este diagnostico requiere de un análisis detallado de los registros históricos de las condiciones de operación de los equipos, lo que incluye la información sobre los volúmenes manejados o procesados y los consumos específicos de energía eléctrica. La operación obtenida directamente se compara con la de diseño, para obtener variaciones de eficiencia.

energía eléctrica, respetando las normas sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables.

Este trabajo tuvo como antecedente una tesis relacionada con el estudio de uso eficiente de energía de primer nivel la cual estaba orientada a aplicar las técnicas desarrolladas para el estudio sobre el Uso Eficiente de la Energía Eléctrica en la Universidad. Adicionalmente, permitirá continuar con la investigación del estado actual de los consumos de energía en el campus, puesto que está encaminado en un análisis para evaluar las pérdidas por consumos de energía en un área específica de la universidad.

Con el estudio se podrá diagnosticar, evaluar y determinar el estado actual de los consumos de energía en el ala norte del edificio central. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos del trabajo anterior, se profundizara el proceso de la distribución de la energía y su uso eficiente en las instalaciones a evaluar permitiendo establecer claramente las pérdidas y desperdicios, y así determinar la eficiencia con la que es utilizada la energía.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar un diagnostico energético de segundo grado con el fin de obtener procedimientos enfocados a disminuir los consumos de energía en el ala norte del edificio central de la universidad.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar y analizar las principales fuentes de consumo eléctrico y sus condiciones de operación dentro del área de estudio.
- Plantear alternativas para el uso eficiente y racional de la energía a partir de la localización de posibles puntos de ahorro en el área de estudio.
- Diseñar una estrategia conducente al ahorro de energía en el área de estudio en los componentes de orden técnico, de gestión y de cultura de consumo y ahorro de energía.

## **4. METODOLIGIA UTILIZADA EN EL DIAGNOSTICO**

### **4.1 PROCEDIMIENTO**

El proyecto pretende obtener mediante la medición de energía de los equipos instalados en el área de estudio, los índices que permitan realizar un diagnostico energético y con base en ello determinar tanto el estado actual de consumo respecto a la carga nominal, así como también determinar posibles focos de ahorro de energía.

La medición de energía se lleva a cabo en todos los equipos instalados en el área de estudio tales como transformadores de potencia y tableros de distribución, donde se obtuvieron registros históricos para el posterior análisis.

Los parámetros de energía que se analizan en el proyecto son: consumo de potencia, factor de potencia, nivel de armónicos de tensión y corriente, desbalance de tensión y corriente, y niveles de iluminación en cada puesto de trabajo.

La información obtenida de la medición es comparada con la carga nominal instalada para determinar la eficiencia de los equipos.

Con resultados obtenidos, se efectúa el respectivo análisis y conclusiones, teniendo como base los objetivos planteados en este proyecto.

## 5. DESCRIPCION DEL SISTEMA ELECTRICO DEL AREA DE ESTUDIO

El área de estudio de este proyecto se delimita al ala norte del edificio central, donde se encuentran las siguientes oficinas:

**Primer piso:** Se localizan los departamentos de registro académico y Vicerrectoría Administrativa.

**Segundo piso:** Están ubicadas las oficinas de las facultades de Ciencias Básicas y Humanidades.

**Tercer piso:** Se encuentran las facultades de de Comunicación Social y Ciencias Económicas y Administrativas, adicionalmente la Vicerrectoría Académica

**Cuarto piso:** Rectoría y Vicerrectoría de Investigaciones y Desarrollo Tecnológico.

La alimentación general del edificio se obtiene de la blindo barra proveniente de la subestación 1, la cual es la encargada de suministrar toda la energía eléctrica al edificio central (ala norte, biblioteca, sótano y laboratorios.) La blindo barra tiene las siguientes características técnicas nominales: tres fases, cuatro hilos, 200 A, 408 V, 60 Hz y 22 KA corriente de corto circuito. Dicha blindo barra, alimenta todos los pisos del edificio.

**Primer piso:** Se encuentran dos transformadores de 30 KVA y 20 KVA los cuales alimentan los circuitos de toma corriente de las oficinas de Registro Académico y Vicerrectoría Administrativa.

Adicionalmente, se encuentra el tablero de distribución TD6 donde se distribuye y controla la iluminación y manejadoras de aire acondicionado de las oficinas del piso uno y dos.

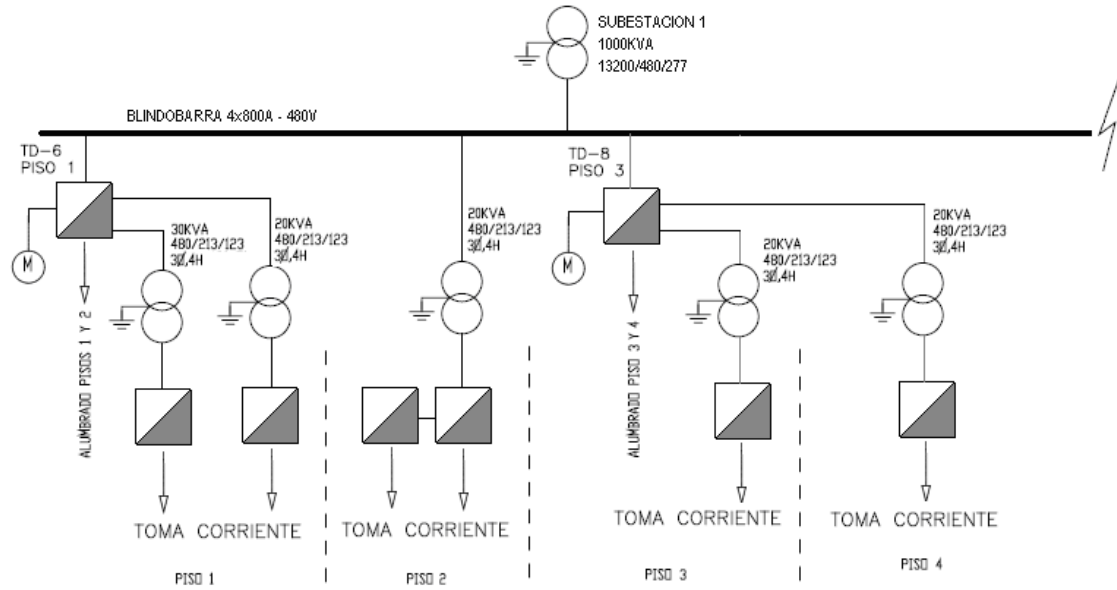
**Piso dos:** Se compone de un transformador de 20 KVA el cual alimenta los tableros T3 y T3A que suministran la tensión a los tomas de las oficinas del segundo piso.

**Piso tres:** Se compone de un transformador de 20 KVA para la alimentación de tomas en las oficinas de Vicerrectría Académica y facultad de Ingenierías.

Al igual que en el piso uno, tiene un tablero de distribución identificado como TD8 el cual cumple la misma función del tablero TD6.

**Piso cuatro:** En el cuarto N° 1 se encuentran dos transformadores de 25 y 20 KVA encargados de alimentar los circuitos de tomas de Rectoría y Vicerrectoría de investigación.

### Grafica 1. Diagrama Unifilar área de estudio





## 6. CARACTERIZACION ENERGETICA UAO

### 6.1 ENCUESTA PARA ANALIZAR LA APLICACIÓN DE UN MODELO DE GESTION EFICIENTE DE LA ENERGIA EN LA UAO

La caracterización energética es un medio de análisis que consiente en evaluar la eficiencia con la cual determinada empresa dispone y utiliza la energía en sus procesos de producción. Adicionalmente, es un requerimiento necesario para la implementación de un sistema de gestión o administración de la energía.

En el documento guía para la Implementación de Sistemas de Gestión Integral de la Energía elaborado para el proyecto UAO-UPME-COLCIENCIAS, se indica lo siguiente: “Con el fin de establecer los pasos básicos para implementar el Sistema de Gestión Integral de Energía en su primera fase, se hace necesario determinar el estado inicial de la misma. Esto se logrará a través de la encuesta denominada **“Encuesta de identificación y descripción de la empresa (establecimiento, instalaciones, entorno y antecedentes)”**, en la cual se provee de datos necesarios para establecer una plena identificación de las actividades que realiza la empresa. Esta encuesta se debe aplicar como primer paso y debe realizarse consultando datos reales en cada una de las áreas de las cuales surja la información requerida.”

Con base en lo anteriormente descrito, se elabora una encuesta para evaluar el grado de gestión energética que actualmente se tiene en la Universidad.

**Tabla 2. Encuesta gestión energética UAO**

**ENCUESTA DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE**

FECHA: NOVIEMBRE 10 DE 2007

<b>1</b>	<b>INFORMACION DE EQUIPOS ELECTRICOS CON QUE CUENTA LA UNIVERSIDAD</b>	SI	NO	OBSERVACIONES
	CALDERAS	x		A Gas
	CHILLERS	x		
	COMPRESORES DE REFRIGERACIÓN	x		
	COMPRESORES DE AIRE	x		
	TORRES DE ENFRIAMIENTO		X	
	MOTORES ELECTRICOS	x		
	ACONDICIONADORES DE AIRE	x		
	LUMINARIAS	x		
	EQUIPOS DE COMPUTO	x		
	OTROS:			Fotocopiadoras, Bombas.

<b>2</b>	<b>DATOS REFERENTES AL MANTENIMIENTO PLANIFICADO</b>	SI	NO	OBSERVACIONES
	¿LA UNIVERSIDAD REALIZA ALGÚN TIPO DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO A TODOS LOS EQUIPOS ELCTRICOS?	x		
	¿CON QUE PERIODICIDAD SE REALIZA EL MANTENIMIENTO?			Semanalmente se hacen inspecciones a: Subestaciones, Planta de Emergencia,
	CADA: SEMANA <u>X</u> MES <u>X</u> AÑO <u>_</u>			Compresor del aire acondicionado y la Planta de Tratamiento de Agua.
				Mensualmente se hace mantenimiento al sistema de iluminación.
				Anualmente se hace mantenimiento e inspección a: Sistema de Puesta a Tierra,
				Seccionadores de Media tensión, Tableros de Distribución y Transformadores de las Subestaciones

3	INFORMACIÓN SOBRE LA GESTIÓN ENERGÉTICA EN LA UNIVERSIDAD	SI	NO	OBSERVACIONES
	¿EXISTE ACTUALMENTE UN PROBLEMA CONCRETO CON RESPECTO A LA ENERGÍA ELECTRICA EN LA UNIVERSIDAD?	x		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reconexiones generadas por el operador de red, que ocasionan switcheos que perjudican los discos duros de los computadores.</li> <li>2. Despilfarro de energía en general, falta cultura del ahorro y no hay conciencia.</li> </ol>
	¿EXISTE UN COMITÉ DE ENERGÍA EN LA UNIVERSIDAD?		x	Comité como tal no, para esto existe el departamento de Planta Física que hace las veces de este.
	SI EXISTE, ¿CUÁLES FUNCIONES CUMPLEN?			Las Funciones que cumple son: Administración, Operación y Mantenimiento de Todo el Sistema Eléctrico en General.
	¿EXISTE UNA POLÍTICA ENERGÉTICA QUE INVOLUCRE LA RECTORIA?	x		
	¿SI HAY UNA POLÍTICA ESTABLECIDA, ¿CUÁLES SON LOS OBJETIVOS QUE LA SOPORTAN?	x		El objetivo que la soporta es el de brindar todos los servicios necesarios para el buen funcionamiento del sistema eléctrico en la parte académica y Administrativa de la Universidad.
	¿QUÉ PROYECTOS (EN EJECUCIÓN O PLANEADOS) PERMITEN EL CUMPLIMIENTO DE ESTOS OBJETIVOS?			<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Campana de ahorro energético donde se involucre todo el personal de la Universidad, Empleados, Docentes y estudiantes.</li> <li>2. Conversaciones con el operador de red para plantear un segundo circuito de respaldo.</li> <li>3. Proyecto Piloto para el ahorro energético en las unidades manejadoras del AA a través de variadores de velocidad.</li> <li>4. Reforma de Bienestar Universitario en el 2 y 3 piso, se optimizaran los recursos energéticos.</li> </ol>
				5. Optimizar la iluminación en baños de Aulas por medio de sensores que actúan como interruptores.

	¿EXISTEN METAS DE REDUCCIÓN DE LOS COSTOS ENERGÉTICOS?	x		
	SI EXISTE, EXPRESE CUÁLES SON			<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Disminuir consumo de Aire Acondicionado de un 10% a 15% a través del proyecto del variador de velocidad en las unidades manejadoras. Se determino por medio de un ensayo practico y tomando las medidas arrojadas.</li> <li>2. Disminuir un 5% el consumo de energía eléctrica en la Universidad. Se determino A través de estudios previos en consumo y pruebas parciales y analizando las conductas de consumo</li> </ol>
	¿EXISTE UN SISTEMA DE CONTROL DE INDICADORES ENERGÉTICOS QUE CONLLEVE AL ALCANCE DE LA META PLANTEADA?	x		
	SI EXISTE, EXPLIQUE CÓMO SE REALIZA ESTE SISTEMA			Existen medidores parciales en las principales áreas, se hacen estadísticas y se analizan las matrices de consumo entregadas por el operador de red.
	¿EXISTE UN SISTEMA DE REGISTRO Y PROCESAMIENTO DE DATOS PARA EL SISTEMA DE CONTROL DESCRITO ANTERIORMENTE?		x	
	¿EXISTE UNA PLANIFICACIÓN Y UN PRESUPUESTO DE ENERGÍA PARA LA EMPRESA BASADO EN EL SISTEMA DE CONTROL ESTABLECIDO?	x		
	ESTE PRESUPUESTO ES:			
	ANUAL _ X SEMESTRAL _ MENSUAL _			

	¿LA UNIVERSIDAD TIENE IDENTIFICADAS EL 20% DE LAS ÁREAS O EQUIPOS QUE CONSUMEN CERCA DEL 80% DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA?	x		
	¿LA UNIVERSIDAD CUENTA CON MEDICIÓN DE LA ENERGÍA ELECTRICA EN LAS ÁREAS MAYORES CONSUMIDORAS?	x		
	¿LA UNIVERSIDAD HA ESTRUCTURADO LOS CENTROS DE CONTROL DE LA ENERGÍA ELECTRICA?	x		
	¿EN LA UNIVERSIDAD SE ENCUENTRAN IDENTIFICADAS LAS VARIABLES QUE IMPACTAN EL USO DE LA ENERGÍA ELECTRICA?	x		
	¿EXISTE EN LA UNIVERSIDAD UN PROGRAMA ORGANIZADO DE MEDIDAS A CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO PARA REDUCCIÓN DE COSTOS ENERGÉTICOS?	x		
	¿SE HAN REALIZADO OPTIMIZACIONES ENERGÉTICAS EN ALGUNAS ÁREAS DE LA UNIVERSIDAD?	x		
	SI SU RESPUESTA ES AFIRMATIVA, INDIQUE EN CUÁLES ÁREAS			Administración, Admisiones y Registro Académico, Postgrados y Humanidades y Ciencias Básicas.
	¿SE CUENTA CON EL APOYO DE LA RECTORIA PARA EFECTUAR PROYECTOS DE AHORRO DE ENERGÍA?	x		

Elaboró: Estudiantes Javier Gómez, Álvaro Gutiérrez  
Encuestado: Ing. Carlos Borrero

## 6.2. RESULTADO DE LA ENCUESTA

Para evaluar el resultado de la encuesta, se utilizó la herramienta virtual “Calificador de Niveles de Gestión Energética”<sup>\*</sup> que ofrece el portal del proyecto UPME-COLCIENCIAS sobre el uso racional de energía.

La implementación de un programa de gestión energética permite el conocimiento de los consumos y precios energéticos en cada área de trabajo, la creación de estadísticas de consumo, se pueden efectuar planes de disminución de consumos, y adicionalmente, evaluar frecuentemente los equipos eléctricos involucrados, conocer las eficiencias de desempeño y vigilar estado de los mismos.

---

<sup>\*</sup> Este software permite a las empresas evaluar el nivel en que se encuentra esta, con respecto a la Gestión Eficiente de la Energía en toda su estructura organizacional. PROYECTO UPME-COLCIENCIAS. Herramientas Virtuales.

**Grafica 2. Calificación promedio de encuesta para la aplicación de un modelo de gestión eficiente de la energía en la UAO.**

<b>PLANEACIÓN</b>	<b>Calificación: 2,99</b>
No existe un presupuesto de consumo e energía para la empresa y en cada centro de costo, determinado cuantitativamente en función de los pronósticos de venta, de producción y de los índices de consumo esperados de cada producto, de acuerdo con el nivel de eficiencia real de los procesos productivos que posee la empresa.	
No existe un procedimiento establecido para determinar el indicador de eficiencia energética que puede alcanzar el área o centro de costo en función del nivel de producción.	
<b>GERENCIA</b>	<b>Calificación: 3</b>
<b>PRODUCCIÓN Y OPERACIÓN</b>	<b>Calificación: 3,19</b>
No existe un sistema de monitoreo de indicadores energéticos y metas diario a nivel de operación que permite corregir desviaciones de estos respecto a la meta logable.	
<b>MANTENIMIENTO</b>	<b>Calificación: 4,23</b>

<b>ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD</b>	<b>Calificación:3,6</b>
La empresa no aplica voluntariamente una norma de gestión energética ( Ej. MSE-2000).	

<b>COMERCIALIZACIÓN Y COMPRAS</b>	<b>Calificación:3,95</b>
-----------------------------------	--------------------------

<b>CONTABILIDAD Y FINANZAS</b>	<b>Calificación:2,65</b>
No se asignan los costos energéticos correspondientes a cada área para su desempeño contable como centro de costo en función de lo que consume realmente el área y no por proratio.	
No existe la posibilidad de contabilizar y registrar diariamente la producción realizada y el consumo de cada energético consumido para esa producción en cada centro de costo.	
No existe implementado en cada área un sistema de contabilidad energética relacionando los consumos con las producciones realizadas que permite evaluar diariamente la eficiencia de los centros de costos, el valor de sus pérdidas y la tendencia de sus consumos.	
No se retroalimenta a los centros de costo de su desempeño diario de eficiencia, pérdidas e indicadores de consumo.	
El área financiera y la gerencia de la empresa no conocen ni aplican, si es el caso, las exenciones tributarias vigentes para los proyectos o inversiones destinadas al incremento de la eficiencia energética y la reducción del impacto ambiental.	



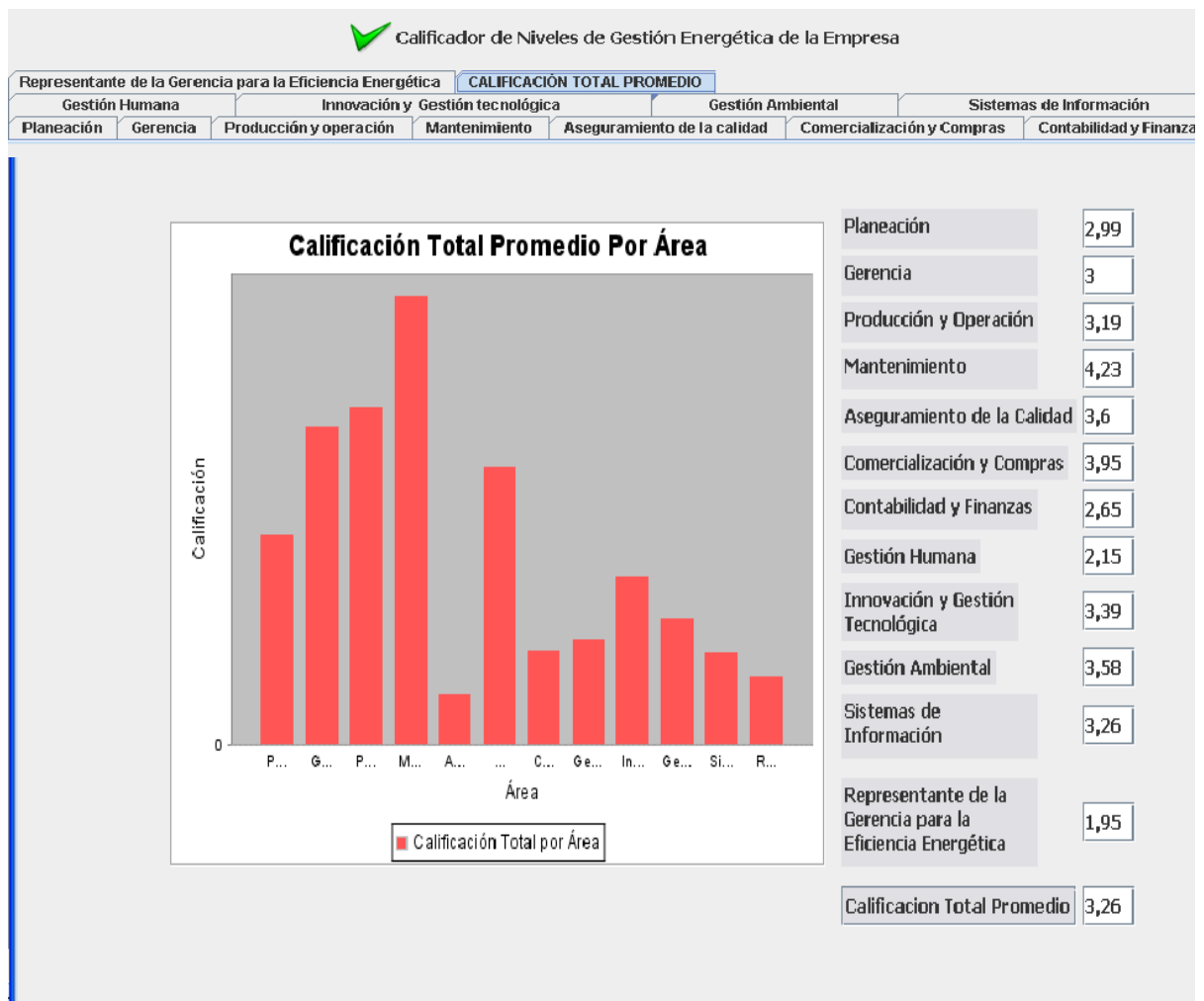
<b>GESTIÓN HUMANA</b>	<b>Calificación:2,15</b>
La empresa no tiene unas políticas y manuales de procedimientos escritos, conocidos y acatados por todo el personal. Entre los manuales se encuentra un manual de gestión energética.	
No existen indicadores de desempeño energético a nivel de compañía y de áreas claramente entendidos por todos y que su divulgación permite conocer la situación mensual de los mismos.	
Los indicadores de desempeño energético no forman parte de los calificadores para la obtención de bonificaciones por resultados en la empresa.	
La empresa no logra que el personal desarrolle un sentido de pertenencia con respecto a la reducción de los costos energéticos.	
No es estimulado el trabajo en equipo por la eficiencia energética a nivel de áreas y de la empresa.	
La empresa no ha establecido programas e incentivos para mejorar la cultura energética.	
La empresa no cuenta con medios diferentes a la factura energética mensual, para medir cuantitativamente el incremento de la cultura energética en cada una de sus áreas claves.	

<b>INNOVACIÓN Y GESTIÓN TECNOLÓGICA</b>	<b>Calificación:3,39</b>
---	--------------------------

<b>GESTIÓN AMBIENTAL</b>	<b>Calificación:3,58</b>
Uno de los aspectos del desempeño ambiental que no mide la empresa es la eficiencia energética de sus procesos.	

<b>SISTEMAS DE INFORMACIÓN</b>	<b>Calificación:3,26</b>
En el sistema de información general de la empresa no están incorporados los indicadores energéticos.	

<b>REP DE LA GERENCIA PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA</b>	<b>Calificación:1,95</b>
No existe una actividad mensual para evaluación del comportamiento de indicadores, presupuestos y consumos, así como de la marcha de los proyectos de mejora de la eficiencia energética.	
No existen chequeos periódicos ante gerencia de las buenas prácticas de gestión empresarial por la eficiencia energética, documentado y registrado.	
No existen indicadores energéticos a nivel de empresa que permite evaluar el impacto de cada área en el indicador general de la empresa.	
No existen actividades de promoción a proyectos de mejora de la eficiencia energética identificando y divulgando incentivos financieros, tributarios específicos y vigentes a nivel nacional, invitando a especialistas externos a diagnósticos, programando talleres o workshop sobre temas de mejora de eficiencia en procesos críticos específicos o realizando visitas a otras empresas del grupo empresarial con resultados observables.	
No se confecciona mensualmente por el representante de gerencia la información divulgativa sobre el desempeño de la gestión energética por áreas y a nivel de empresa y se retroalimenta al personal.	



La calificación indica que actualmente en la Universidad existe el conocimiento de cuanto es el gasto en energía eléctrica, se tienen identificadas las áreas y equipos que generan mayor demanda y cuales deben ser las medidas que se pueden aplicar para reducir el consumo.

Aunque que existe una voluntad por parte del departamento de planta física para el mejoramiento de la situación energética de la Universidad, falta implementar un comité de Gestión Energética que permita evaluar constantemente los índices de consumo, planifique y elabore un plan de acción que contribuya al ahorro y obtención de altos niveles eficiencia energética, teniendo como base fundamental recursos financieros, técnicos y humanos.

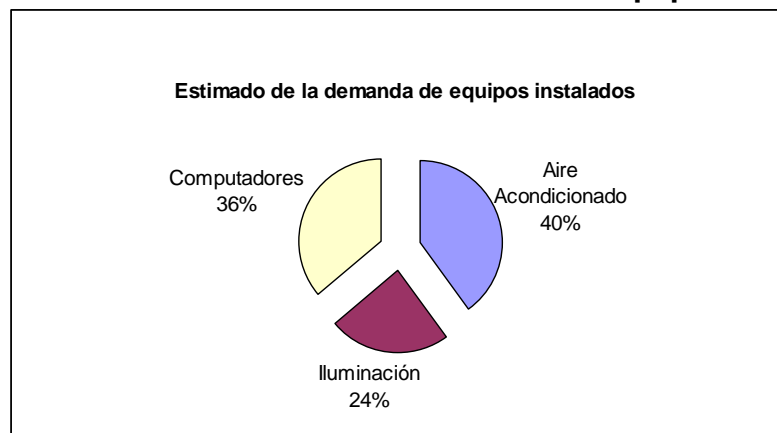
## 7. ANÁLISIS DE CONSUMO Y CALIDAD ENERGÍA

El análisis del consumo de energía involucra efectuar previamente un inventario de carga instalada para determinar el consumo nominal.

El área de estudio cuenta con tres tipos de carga principales las cuales son: Aire acondicionado, iluminación y computadores.

De acuerdo al inventario de equipos y teniendo en cuenta su carga nominal, la distribución de la demanda se describe en la siguiente grafica:

**Grafica 3. Estimado de distribución de demanda de Equipos instalados**



En este proyecto no se considero el estudio del sistema de aire acondicionado, debido a que para efectuar un análisis se involucran aspectos diferentes a los eléctricos tales como diseño, volumen del flujo, métodos para medir el caudal del aire, etc., los cuales requieren recursos materiales y humanos adicionales.

A continuación en la siguiente tabla de datos se indica la cantidad de equipos instalados en cada una de los sectores que comprende el área de estudio. Inventario de luminarias y computadores en cada sector.

**Tabla 3. Inventario de luminarias y computadores en cada sector**

Sector	Luminarias	Computadores
Facultad Ingeniería	98	86
Facultad de Ciencias Básicas y Humanidades	74	62
Facultad de Comunicación Social y Ciencias Económicas Y Administrativas	87	72
Vicerrectoría Académica	45	41
Rectoría y Vicerrectoria de Investigaciones y Desarrollo Tecnológico	36	47
Departamento de Registro Académico	53	24
Vicerrectoria Administrativa	55	41

El análisis de calidad de energía se basa en la norma **IEEE 519**. Algunos parámetros se resumen en la siguiente tabla de datos:

**Tabla 4. Valores de referencia para una buena calidad de energía eléctrica**

<b>VALORES DE REFERENCIA – CALIDAD DE ENERGIA</b>		
<b>PARAMETRO</b>	<b>VALOR NOMINAL</b>	<b>VALOR ACEPTADO</b>
Tensión en Corriente Alterna.	>220V kV (EAT). 200 kV ≤ (AT) ≥ 57,5 kV 57,5 kV < (MT) > 1000 V 1000 V ≤ (BT) ≥ 25 V	Rango + 10% y - 10% Para baja y media tensión según CREG 024.(modificación CREG 070-98)
Frecuencia	60 Hz	59,8 y 60,2 Hz.
Armónicos de tensión (THDv)	120 V < Vn ≤ 69 kV 69 kV < Vn ≤ 161 kV Vn > 161 kV	5,00% 2,50% 1,50%
Distorsión de Corriente (desde 120 V hasta 69 kV)	Relacion Icc/IL < 20 Relación Icc/IL 20 - 50 Relación Icc/IL 50 – 100 Relación Icc/IL 100 – 1000 Relación Icc/IL > 1000	5,0 TDD (Distorsión Total de Demanda) 8,0 TDD 12,0 TDD 15,0 TDD 20,0 TDD
Desbalance de Tensión	Tensión > 62 kV Tensión < 62 kV	≤ 1,5% ≤ 2,0%
Desbalance en Corriente	Tensión > 62 kV Tensión < 62 kV	≤ 5% ≤ 20%
Factor de Potencia	Inductivo Capacitivo	0,9 ≤ fp ≤ 1 0,9 ≤ fp ≤ 1
Flicker	Tensión > 69 kV Tensión < 69 kV	0,8 p.u Plt 1,0 p.u Plt

Para el análisis de los niveles de iluminación, se tomo como base El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE.

El RETIE en su artículo 16, el cual refiere a la norma de instalaciones de iluminación, describe lo siguiente: “16.2 Instalación. f. Para efectos del presente Reglamento, en lugares de trabajo se debe asegurar el cumplimiento de los siguientes niveles de iluminancia, adoptados de la norma ISO 8995. El valor medio de iluminancia, relacionado en la Tabla 5 “Niveles de iluminancia aceptados para diferentes áreas y actividades”, debe considerarse como el objetivo de diseño, pero el requisito exigible es que el valor medido a la altura del sitio de trabajo se encuentre entre el rango del valor mínimo y el valor máximo.”

**Los Niveles de Iluminancia se encuentran en el Anexo F.**

**Tabla 5. Nivel de Luminancia en el Área de Estudio.**

<b>Oficinas</b>	300	500	750
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	500	750	1000
Oficinas abiertas	500	750	1000
Oficinas de dibujo	300	500	750
Salas de conferencia			
<b>Colegios</b>			
Salones de clase	300	500	750
Iluminación general	300	500	750
Tableros para emplear con tizas	500	750	1000
Elaboración de planos			
Salas de conferencias	300	500	750
Iluminación general	500	750	1000
Tableros	500	750	1000
Bancos de demostración	300	500	750
Laboratorios	300	500	750
Salas de arte	300	500	750
Talleres	150	200	300
Salas de asamblea			

Fuente: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas. [En línea]. Colombia: CIDET, 2004. [Consultado 17 de Diciembre de 2007]. Disponible en Internet: [www.cidet.com.co/pdf/Anexo\\_RETIE.pdf](http://www.cidet.com.co/pdf/Anexo_RETIE.pdf)

## 8. CONSUMO DE POTENCIA NOMINAL EN AREA DE ESTUDIO

La tabla N° 6 muestra el consumo nominal de potencia de acuerdo al inventario de equipos instalados.

**Tabla 6. Consumo nominal diario de potencia en cada sector.**

Sector	Iluminación			Computadores	Total Consumo teórico (Wh/d)
	T8	T8	Escritorio		
	3x32 W	4x17 W	20 W	110 W	
Facultad Ingeniería	64	3	31	86	16428
Facultad de Comunicación Social y Ciencias Económicas Y Administrativas	60	6	21	72	14508
Facultad de Ciencias Básicas y Humanidades	41	3	30	62	11560
Vicerrectoría Administrativa	47	8	0	41	9560
Vicerrectoría Académica	41	2	2	41	8753
Rectoría y Vicerrectoría de Investigaciones y Desarrollo Tecnológico	25	11	0	47	8318
Departamento de Registro Académico	50	3	0	24	7644
<b>TOTAL CONSUMO</b>					<b>76771 W</b>

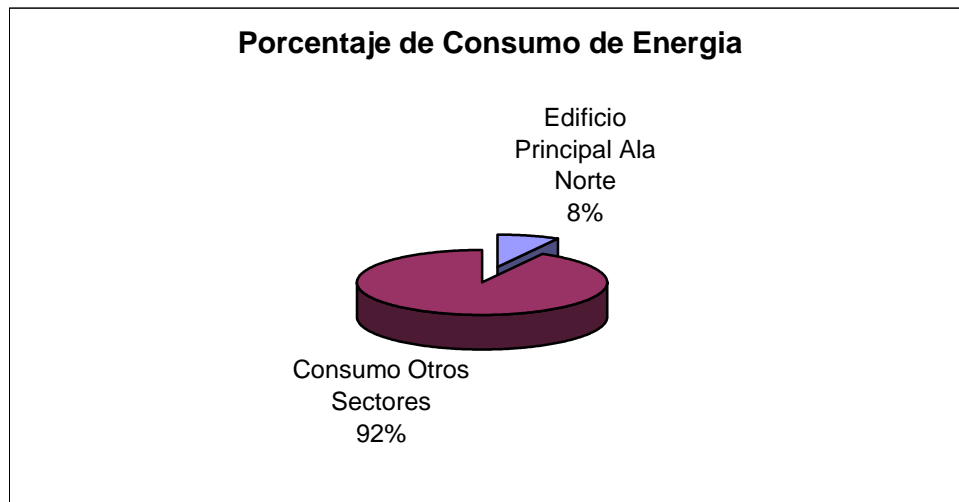
Teniendo como base un promedio de 17 horas laborales diarias, el consumo total nominal diario equivale a 1305 KWh/día.

De acuerdo al estudio efectuado en el diagnostico energético de primer grado, el consumo diario total en la universidad equivale a 14.900 KWh/día.

Esto indica que el consumo del área de estudio representa el 8.75% del consumo total diario de energía en la Universidad.

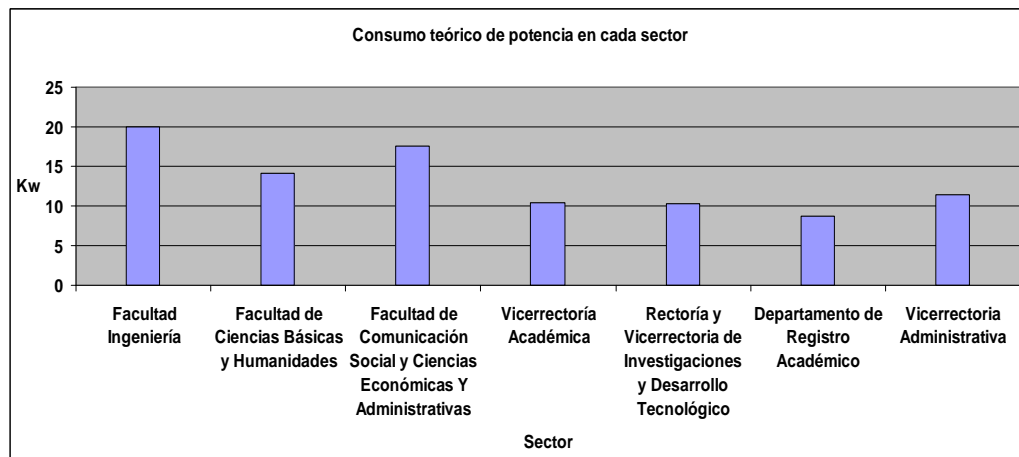


**Grafico 4. Porcentaje Consumo de energía en área de estudio frente al total**



En el área de estudio, con base en el inventario de equipos instalados el sector de mayor consumo nominal de energía es la facultad de ingeniería.

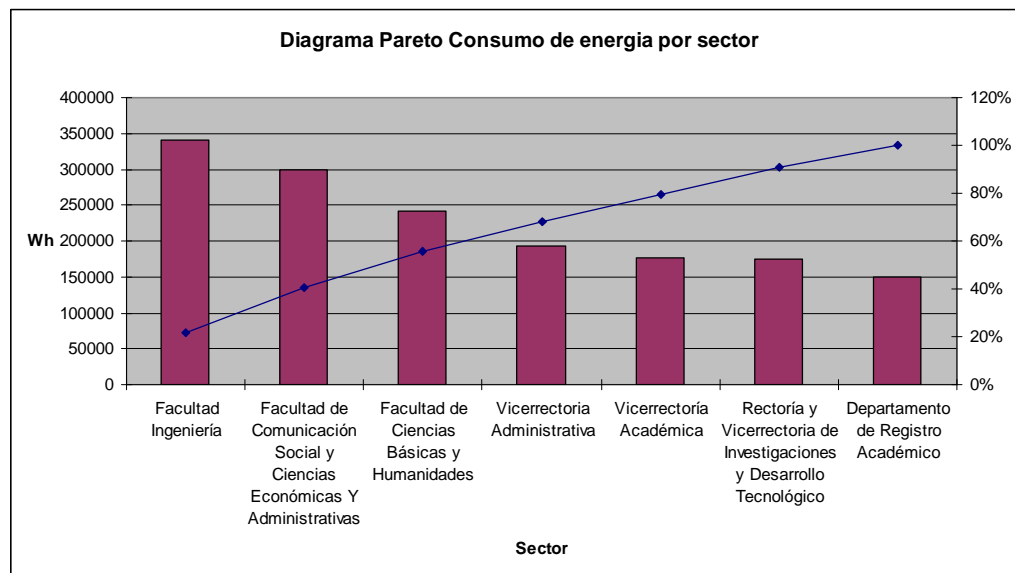
**Grafico 5. Consumo nominal de energía por sector**



Para identificar el 20% del área que producen el 80% del consumo de energía eléctrica se realiza el diagrama de pareto\*

\* Es un gráfico de barras que ilustra las causas de los problemas de un proceso en orden de importancia o severidad. El propósito de su empleo es separar los problemas muy importantes de los menos importantes, estableciendo un orden de prioridades. Fue creado sobre la base del principio de Pareto, según el cual, el 80% de los problemas son provenientes de apenas el 20% de las causas. [http://www.infomipyme.com/Docs/GENERAL/Offline/GDE\\_08.htm](http://www.infomipyme.com/Docs/GENERAL/Offline/GDE_08.htm)

**Grafico 6. Diagrama de Pareto Consumo energético por sector**



El diagrama de Pareto de consumo energético en el área de estudio indica que una de las áreas con mayor potencial de ahorro es la facultad de ingeniería, lo que sugiere la necesidad de encaminar medidas para disminuir el consumo de energía, teniendo en cuenta medidas costo cero, es decir, que sólo requieren de la disposición de los usuarios y la atención detallada del personal técnico.

## 9. ÍNDICE DE CONSUMO

Luego de analizar los energéticos que intervienen en nuestra área de estudio, se propone como índice de consumo\* la relación entre el consumo de energía en una jornada laboral en el área de trabajo y la cantidad total de puestos de trabajo, aclarando que por las condiciones de movilidad en cuanto a estudiantes, es necesario plantear índices de consumo diferenciados entre aulas de clase, laboratorios, áreas de administración y demás dependencias que se encuentran en la universidad.

Para el área de estudio (ala norte) teniendo en cuenta que esta conformada por todas las facultades de los diferentes programas, registro académico, vicerrectoría académica y administrativa, Investigaciones y Rectoría. Es necesario tener en cuenta que la movilidad del personal es constante, sugerimos un índice de consumo que permita regularizar el consumo de energía por puesto de trabajo, pues se observan demasiados desperdicios en este caso, ya que no existe una cultura de ahorro que permita apagar monitores de los computadores si no se está trabajando, ni cerrar puertas y ventanas para evitar pérdida de aire acondicionado.

Cada puesto de trabajo está conformado por los siguientes elementos: 1 Computador, 1 Lámpara fluorescente y una lámpara de escritorio.

La jornada laboral diaria tiene un tiempo aproximado de 8 horas.

---

\* Un índice de Consumo es resultado de la relación entre el consumo de un portador energético y la producción de la empresa en la que intervenga ese portador energético. Generalmente los datos se refieren a consumos y producciones mensuales.

**Tabla 7. Discriminación de consumos de energía en un puesto de trabajo**

<b>Elemento</b>	<b>Consumo (W)</b>
Computador	110
Lámpara T8 4X17	68
Lámpara Escritorio	20
<b>Total</b>	<b>198</b>

Como en nuestro caso la distribución de la iluminación no coincide una luminaria por puesto de trabajo, tomamos el consumo total del área de estudio y lo dividimos por la cantidad de puestos de trabajo, teniendo en cuenta que un puesto de trabajo se asocio con un computador.

El valor de consumo diario se calculo anteriormente teniendo en cuenta la Tabla 6, y los puestos de trabajo de la Tabla 3.

$$\text{Índice de Trabajo} = \frac{\text{Consumo en el Área de Trabajo Diario}}{\text{Total de Puestos de Trabajo}}$$

$$Indice = \frac{1305Kwh}{373} = 3.49Kwh\text{puestotrabajo}$$

Nuestro índice nos indica que cada puesto de trabajo consume una potencia de 3.49 Kw en una jornada laboral de 17 horas.

## 10. ANALISIS DE LOS PRINCIPALES ENERGETICOS UTILIZADOS EN EL AREA DE ESTUDIO

### 10.1 SISTEMA DE ILUMINACION

**10.1.1 Descripción Sistema de Iluminación.** Las luminarias son unidades completas de iluminación que están formadas por una lámpara o por lámparas con accesorios diseñados para distribuir la luz, ubicar y proteger las lámparas, y conectar las mismas a la fuente de alimentación.

Las instaladas en el área de estudio son de tres tubos fluorescentes de 32 W cada uno con un balasto electrónico, de cuatro tubos con un balasto y 17 W de potencia, así como también cuenta con bombillas ahorradoras de energía de 20 W.

El detalle lámparas se describen en la siguiente tabla:

**Tabla 8. Descripción de luminarias en cada área.**

Sector	Iluminación		
	T8 3x32 W	T8 4x17 W	20 W Escritorio
Facultad Ingeniería	64	3	31
Facultad de Ciencias Básicas y Humanidades	41	3	30
Facultad de Comunicación Social y Ciencias Económicas Y Administrativas	60	6	21
Vicerrectoría Académica	41	2	2
Rectoría y Vicerrectoría de Investigaciones y Desarrollo Tecnológico	25	11	0
Departamento de Registro Académico	50	3	0
Vicerrectoría Administrativa	47	8	0

**Tabla 9. Descripciones de luminarias en pasillos y corredores.**

Pasillos y corredores			
Pasillo	Luminaria tipo Bala Fluorescente 20W	T8 4x17 W	Metal Halide
Piso 1	14	5	0
Piso 2	22	5	0
Piso 3	10	1	0
Piso 4	0	7	4

### 10.1.2 Descripción De Las Lámparas Utilizadas En El Área De Estudio.

Tubos fluorescentes T8: Una mezcla de fósforos de tierras raras combinados en un tubo de una pulgada de diámetro hacen posible que los tubos T8 produzcan una emisión de luz de 3.005 lúmenes, eficacia mayores de 100 lúmenes por wattios (LPW), temperatura de color\* de 3500 K y un alto índice de rendimiento de color\* (CRI) de 85%.

**Figura 1. Tubo fluorescente T8**



Fuente. Catalogo Iluminación Philips. [En línea]. Netherlands: Koninklijke Philips Electronics N.V., 2007. [Consultado 16 de Noviembre de 2007]. Disponible en Internet: [http://www.luz.philips.com/portalProductList.do?par=893:1\\_2\\_3:465:556:893](http://www.luz.philips.com/portalProductList.do?par=893:1_2_3:465:556:893)

Lámpara Fluorescente: Alta eficiencia luminosa, emite Luz Blanca con una temperatura de color de aproximadamente 6.500K, un flujo luminoso de 1100 lm y su índice IRC 78. Economiza hasta 80% en el consumo de energía y dura hasta 10 veces más que las incandescentes (vida promedio de 6000 horas)

---

\* La temperatura de color es una medida que se especifica en las lámparas y se refiere a la apariencia o tonalidad de la luz que emite la fuente luminosa. La forma en que vemos cierto ambiente depende de la tonalidad de luz de la lámpara y es crucial para establecer una atmósfera de confort o frescura.

\* El índice de rendimiento de color (CRI) es la capacidad que tiene una lámpara para reproducir fielmente los colores de los objetos, y es un factor muy importante a considerar en cualquier aplicación de iluminación. El CRI se mide en una escala de 0 a 100. La luz del sol, y la luz de una lámpara incandescente tiene un CRI de 100.

**Figura 2. Lámpara fluorescente.**



Fuente. Catalogo Iluminación Philips. [En línea]. Netherlands: Koninklijke Philips Electronics N.V., 2007. [Consultado 16 de Noviembre de 2007]. Disponible en Internet: [http://www.luz.philips.com/portalProductList.do?par=897:1\\_2\\_7:465:556:897](http://www.luz.philips.com/portalProductList.do?par=897:1_2_7:465:556:897)

**Metal Halide:** Las lámparas de haluro metálico, también conocidas como lámparas Metal Halide, son lámparas de descarga de alta presión, del grupo de las lámparas llamadas HID (Hight Intensity Discharge).

Son generalmente de alta potencia y con una buena reproducción de colores, además de la luz ultravioleta. Son de uso industrial tanto como de uso doméstico. En una lámpara de haluro metálico, el tubo compacto donde se forma el arco contiene una mezcla de argón, mercurio y una variedad de haluros metálicos. Las mezclas de haluros metálicos afecta la naturaleza de la luz producida, variando correlacionadamente la temperatura del color y su intensidad (por ejemplo, que la luz producida sea azulada o rojiza).

El tiempo de vida de estas lámparas va desde las 20,000 a 22,000 h.

**Figura 3. Lámpara Metal Halide.**



Fuente: Catalogo Iluminación Philips. [En línea]. Netherlands: Koninklijke Philips Electronics N.V., 2007. [Consultado 16 de Noviembre de 2007]. Disponible en Internet: [http://www.luz.philips.com/portalProductList.do?par=896:1\\_2\\_6:465:556:896](http://www.luz.philips.com/portalProductList.do?par=896:1_2_6:465:556:896)

**10.1.3 Conceptos Básicos De Iluminación.** Sistemas de Iluminación: Los sistemas de iluminación se clasifican según su flujo luminoso. El flujo luminoso se describe como la cantidad de radiación visible producida por una fuente. Su unidad es el lumen. El lumen se refiere sólo a la potencia consumida por la bombilla que se convierte en luz visible. Nivel de Iluminancia: Nivel de Iluminancia se define como el flujo luminoso recibido por una superficie. Su símbolo es E y su unidad el lux (lx).

$$E = \frac{\Phi}{S} \text{ (lux)} = \frac{\text{lumen}}{m^2}$$

**10.1.4 Instrumentos De Medición.** El luxómetro es un aparato que mide la intensidad luminosa en lux. Este dispositivo está diseñado para mostrar la relación entre la intensidad de luz y ángulo de incidencia.

#### **10.1.5 Características Del Equipo Utilizado**

Marca: AEMC instruments Modelo CA811

Display 3 1/2 dígitos (2.000 puntos).

Rango de medida: de 20 a 20.000 lux

Medida por fotodiodo de silicio

Resolución: 0,01 lux

Exactitud (%):  $\pm 3\%L + 10$  puntos

Funciones: Hold, Retroalimentación, Lux o fc., Max., Peak.

Dimensiones 173 x 60,5 x 38 mm

Peso neto: 223 g

**Figura 4. Luxómetro AEMC Instruments**



Fuente: Catalogo AEMC Instruments. [En línea]. Francia: Chauvin Arnoux Group, 2001. [Consultado 03 de Diciembre de 2007]. Disponible en Internet: [www.chauvin-arnoux.es](http://www.chauvin-arnoux.es).

**10.1.6 Procedimiento.** Las mediciones de los niveles de iluminación se llevaron a cabo en todas las oficinas del área de estudio, incluyendo los pasillos. Dichas mediciones se tomaron teniendo en cuenta la fuente luminosa, la ubicación de los puestos de trabajo y el grado de precisión visual necesario para ejecutar adecuadamente una labor.



**10.1.7 Valores Obtenidos De La Medición.** A continuación se relaciona los valores obtenidos de la medición realizada en las áreas de estudio. Cada área se divide en una tabla de datos para mejor entendimiento.

El total de los puntos de medición fueron 497.

**Tabla 10: Niveles de iluminancia facultad de Comunicación Social y Ciencias Económicas y Administrativas.**

MEDICION ILUMINACION PROYECTO DE GRADO DIAGNOSTICO ENERGETICO DE SEGUNDO GRADO EN LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE								
AREA ANALISIS: FACULTAD DE COMUNICACIÓN SOCIAL Y FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS								
Altura Local: 2,46 mts								
UBICACIÓN	Medición en Lux						ρ T	ρ P
	Med 1	Med 2	Med 3	Med 4	Med 5	Med 6		
Recepción Comunicación Social	484	454	566	490	557	-	0,5	0,3
Cubículos	147	135	184	-	-	-	0,5	0,3
Cubículos	353	328		-	-	-	0,5	0,3
Cubículos	316	412	262	200	416	274	0,5	0,3
Cubículos	312	290	159	473	394	297	0,5	0,3
Jefe Departamento Ciencias de la Comunicación	441	300	383	377	-	-	0,5	0,3
Cubículos	309	177	438	350	220	-	0,5	0,3
Jefe Departamento Publicidad y Diseño	394	331	212	-	-	-	0,5	0,3
Cubículos	340	360	346	452	448	287	0,5	0,3
Director Programa Comunicación Publicitaria	497	349	492	-	-	-	0,5	0,3
Director Programa Comunicación Social	458	468	334	-	-	-	0,5	0,3
Recepción Economía	481	300	353	397	-	-	0,5	0,3
Auxiliares	339	369		-	-	-	0,5	0,3
Cubículos (1 - 5)	274	294	208	223	357	-	0,5	0,3
Director Programa Contaduría Pública	362	287	242	-	-	-	0,5	0,3
Cubículos (8 - 10)	275	550	430	-	-	-	0,5	0,3
Cubículos (11 - 16)	278	202	240	313	555	335	0,5	0,3
Cubículos (17 - 21)	376	347	238	450	357		0,5	0,3
Cubículos	100	366	554	355	286	244	0,5	0,3
Jefe Departamento Ciencias Económicas	419	284	367	-	-	-	0,5	0,3
Director Mercadeo	372	361	308	-	-	-	0,5	0,3
<b>OBSERVACIONES:</b>								

**Tabla 11. Niveles de iluminancia facultad de Ingeniería.**

MEDICION ILUMINACION PROYECTO DE GRADO DIAGNOSTICO ENERGETICO DE SEGUNDO GRADO EN LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE								
AREA ANALISIS: FACULTAD DE INGENIERIA								
Altura Local: 2,46 mts								
UBICACIÓN	Medición en Lux						ρ T	ρ P
	Med 1	Med 2	Med 3	Med 4	Med 5	Med 6		
Recepción	443	420	392	271	231	460	0,5	0,3
Recepción	386	372	271	410			0,5	0,3
Cubículos (1 - 6)	372	370	282	340	493	312	0,5	0,3
Cubículo 7	120	295					0,5	0,3
Cubículos (8 - 13)	369	215	174	123	144	87	0,5	0,3
Cubículos(14 - 15)	639	342	338	329			0,5	0,3
Cubículos (16 - 21)	334	485	266	215	388	330	0,5	0,3
Cubículo 22	462						0,5	0,3
Cubículos (23 - 28)	241	88	302	351	170	208	0,5	0,3
Cubículos (29 - 30)	226	320					0,5	0,3
Cubículos (31 - 36)	493	345	337	340	392	383	0,5	0,3
Cubículos (37 - 42)	305	432	278	320	236	284	0,5	0,3
Cubículos(43 - 48)	245	247	253	610	443	512	0,5	0,3
Cubículos(49 - 54)	390	243	321	431	326	130	0,5	0,3
Director Programa Mecatronica	345	259	245	150			0,5	0,3
Cubículos (55 - 57)	471	133	304				0,5	0,3
Cubículos (58 - 62)	367	329	215	345	303		0,5	0,3
Director Programa Ingeniería Biomédica	285	316	320				0,5	0,3
Director Programa Ingeniería Electrónica	375	256	335				0,5	0,3
Director Ciencias Básicas Ingeniería	534	476					0,5	0,3
Decano de Ingenierías	487	340	358	558	363	276	0,5	0,3
<b>OBSERVACIONES:</b>								

**Tabla 12. Niveles de iluminancia Rectoría y Vicerrectoría de Investigaciones y Desarrollo Tecnológico.**

<b>MEDICION ILUMINACION PROYECTO DE GRADO DIAGNOSTICO ENERGETICO DE SEGUNDO GRADO EN LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE</b>								
<b>AREA ANALISIS: RECTORIA Y VICERRECTORIA DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO</b>								
<b>Altura Local: 2,46 mts</b>								
<b>UBICACIÓN</b>	<b>Medición en Lux</b>						<b>ρ T</b>	<b>ρ P</b>
	<b>Med 1</b>	<b>Med 2</b>	<b>Med 3</b>	<b>Med 4</b>	<b>Med 5</b>	<b>Med 6</b>		
Recepción Rectoría	376	352	337	294	334	408	0,5	0,3
Recepción Vicerrectoria De Investigación Y Desarrollo Tecnológico	272	211	238				0,5	0,3
Director Fomento Y Apoyo	211	191	200				0,5	0,3
Grupo de Investigación Mecánica de Fluidos	272	264	212	245			0,5	0,3
Ciencia e Ingeniería de los Materiales	298	347	203	187	259		0,5	0,3
SISAV	261	155	211				0,5	0,3
Cubículos	321	290	318	143	187	259	0,5	0,3
Cubículos	153	144	185	216	209	155	0,5	0,3
Cubículos	169	201	194				0,5	0,3
Grupo Gestión de Conocimiento	258	252	115	172	226	283	0,5	0,3
Grupo de Competitividad y Prod. Empresarial	202	257	76	101	195	110	0,5	0,3
Grupo de Competitividad y Prod. Empresarial	267	168					0,5	0,3
Grupo Economía	265	271	252	221	43	35	0,5	0,3
Grupo Economía	265	123	175	197	197	230	0,5	0,3
Grupo Economía	37	250	224				0,5	0,3
GIEN	163	127	173	206	222	179	0,5	0,3
GIEN	123	215	246	164			0,5	0,3
Cubículo Ingeniero Diego Martínez	224	175					0,5	0,3
Programa de Comunicación para el desarrollo	196	140	214	208			0,5	0,3
Centro de excelencia Nuevos Materiales	215	77	87				0,5	0,3
							0,5	0,3
<b>OBSERVACIONES:</b>								

**Tabla 13. Niveles de iluminancia Vicerrectoría Académica**

MEDICION ILUMINACION PROYECTO DE GRADO DIAGNOSTICO ENERGETICO DE SEGUNDO GRADO EN LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE								
AREA ANALISIS: VICERRECTORIA ACADEMICA								
Altura Local: 2,46 mts								
UBICACIÓN	Medición en Lux						ρ T	ρ P
	Med 1	Med 2	Med 3	Med 4	Med 5	Med 6		
Secretario Secretaria General	331	299	170				0,5	0,3
Secretaria General	200	298	305	212			0,5	0,3
SIGED	176	354	269	424			0,5	0,3
Coordinación SIGED	500	320	438	250			0,5	0,3
Planeación	250	317	276	145	324	561	0,5	0,3
Director Planeación	386	438	309	293			0,5	0,3
Secretaria Planeación	269	297	355				0,5	0,3
Asesoría Jurídica	378	353	231	380			0,5	0,3
Auxiliares Centro de Apoyo Académico	200	318	345				0,5	0,3
Secretaria Vicerrectoria Académica	117	377	313				0,5	0,3
Cubículos Vicerrectoria Académica	366	322	162				0,5	0,3
Dirección centro de Apoyo Académico	387	394	415	358	278	192	0,5	0,3
Auxiliares Centro de Desarrollo	322	171	306	112			0,5	0,3
Dirección de Investigación	415	414	351	408	308		0,5	0,3
Asistente Administrativa	428	430					0,5	0,3
Cubículos	510	406	624	537			0,5	0,3
Vicerrector Académico	351	372	309	470	315		0,5	0,3
<b>OBSERVACIONES:</b>								

**Tabla 14. Niveles de iluminancia Vicerrectoría Administrativa**

MEDICION ILUMINACION PROYECTO DE GRADO DIAGNOSTICO ENERGETICO DE SEGUNDO GRADO EN LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE								
AREA ANALISIS: VICERRECTORIA ADMINISTRATIVA								
Altura Local: 2,46 mts								
UBICACIÓN	Medición en Lux						ρ T	ρ P
	Med 1	Med 2	Med 3	Med 4	Med 5	Med 6		
Secretaria Contabilidad y Presupuesto	453	422	367	281	488	336	0,5	0,3
Auxiliar Presupuesto	212	273	185	259	257	290	0,5	0,3
Jefe Contabilidad y Presupuestos	349	290	147	370			0,5	0,3
Departamento de Contabilidad y Presupuesto	261	450	279	248	308	357	0,5	0,3
Departamento de Contabilidad y Presupuesto	123	273	204	338	462	384	0,5	0,3
Recursos Humanos	396	328	304	118	160	155	0,5	0,3
Jefe Recursos Humanos	312	299					0,5	0,3
Departamento Suministros	301	190	292	49			0,5	0,3
Vicerrectoria Administrativa	325	306	264	250	232	409	0,5	0,3
Kardex	305	200					0,5	0,3
<b>OBSERVACIONES:</b>								

**Tabla 15. Niveles de iluminancia Departamento de Registro Académico**

MEDICION ILUMINACION PROYECTO DE GRADO DIAGNOSTICO ENERGETICO DE SEGUNDO GRADO EN LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE								
AREA ANALISIS: DEPARTAMENTO REGISTRO ACADEMICO								
Altura Local: 2,46 mts								
UBICACIÓN	Medición en Lux						ρ T	ρ P
	Med 1	Med 2	Med 3	Med 4	Med 5	Med 6		
Secretaria Dirección Mercadeo	358	286	393	390			0,5	0,3
Dirección Mercadeo y Promoción Institucional	341	257	327				0,5	0,3
Auxiliar Centro de Relaciones Universitarias	362	254	181				0,5	0,3
Secretaria Registro Académico	279	414					0,5	0,3
Secretaria Mercadeo y Promoción	390	438					0,5	0,3
Departamento de Comunicaciones	224	279	404	296	404	73	0,5	0,3
<b>Fuente: Los Autores</b>								

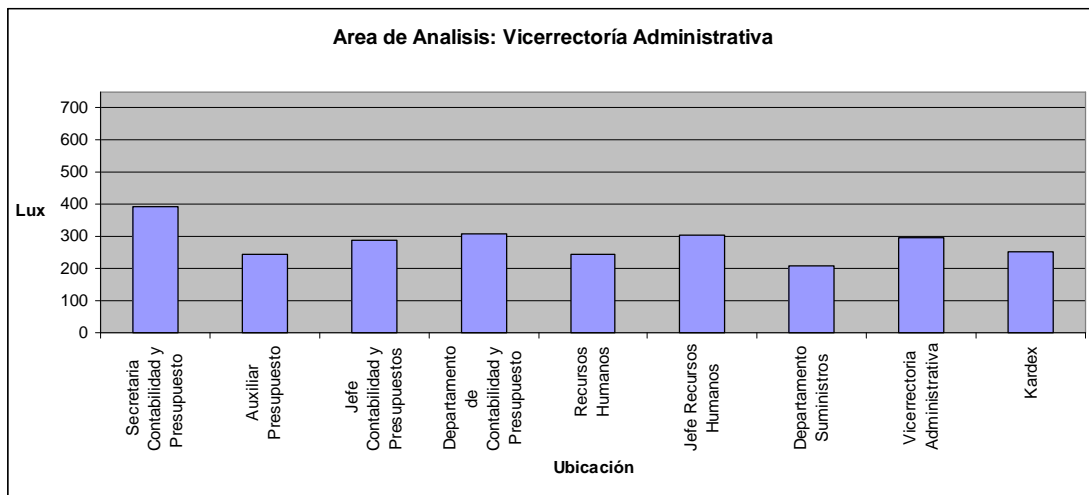
**Tabla 16. Niveles de iluminancia facultad de Ciencias Básicas**

MEDICION ILUMINACION PROYECTO DE GRADO DIAGNOSTICO ENERGETICO DE SEGUNDO GRADO EN LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE								
AREA ANALISIS: CIENCIAS BASICAS								
Altura Local: 2,46 mts								
UBICACIÓN	Medición en Lux						ρ T	ρ P
	Med 1	Med 2	Med 3	Med 4	Med 5	Med 6		
Recepción Ciencias Básicas	225	281	298	279	264	288	0,5	0,3
CAAB	416	366	247				0,5	0,3
Cubículos Docentes	88	239	281	298	189	450	0,5	0,3
Cubículos Docentes	235	288	176	301	312	385	0,5	0,3
Cubículos Docentes	247	284	364	327	271	128	0,5	0,3
Cubículos Docentes	286	581	360	214	316	266	0,5	0,3
Cubículos Docentes	384	266	285	130	415	500	0,5	0,3
Cubículos Docentes	381	375	294	338	400	353	0,5	0,3
Cubículos Docentes	394	496	297	321	260	216	0,5	0,3
Cubículos Docentes	397	163	290	317	183	380	0,5	0,3
Cubículos Docentes	324	100	163	258	276	243	0,5	0,3
Cubículos Docentes	374	515	358	266	212		0,5	0,3
Jefe Departamento Física	345	386	316				0,5	0,3
Jefe Departamento Matemáticas	247	115	169				0,5	0,3
Decanatura Facultad Ciencias Básicas	362	321	369	140	239		0,5	0,3
Auxiliares Centro de Administración Académica	316	291	219	269	291		0,5	0,3
CAAH	331	290	265	391			0,5	0,3
Cubículos Docentes	379	256	160	215	216		0,5	0,3
Cubículos Docentes	249	90	278	286	115	207	0,5	0,3
Cubículos Docentes	136	143	165	296	363	278	0,5	0,3
Cubículos Docentes	231	365					0,5	0,3
Jefe Departamento de Humanidades	272	233	244	185	409	294	0,5	0,3
Jefe Departamento Ciencias Básicas	334	323	249	413			0,5	0,3
<b>OBSERVACIONES:</b>								

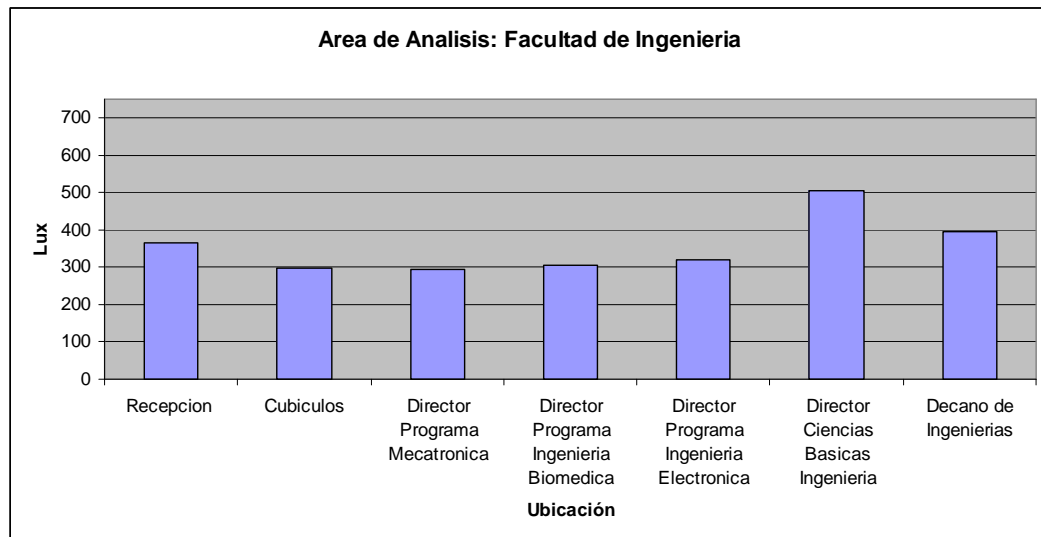
**10.1.8 Criterios De Valoración.** Los niveles de iluminación recomendados para un lugar o área específica, dependen de la actividades que se vayan a realizar en el. En general se puede distinguir entre tareas con requerimientos de iluminación mínimos, normales o exigentes.

Para la valoración, se tomo como base los niveles de iluminación para oficina (300lux mínimo, 500lux medio, 750lux máximo) descritos en el RETIE. Las siguientes graficas muestran el promedio en lux en el cual se encuentra cada puesto de trabajo.

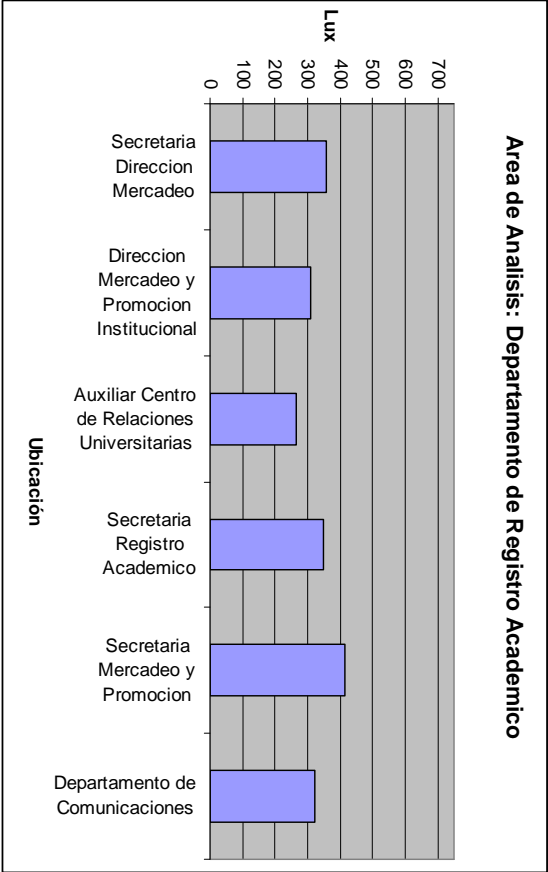
**Grafico 7. Nivel promedio de iluminancia Vicerrectoría Administrativa**



**Grafico 8. Nivel promedio de iluminancia Facultad de Ingeniería**



**Grafico 9. Nivel promedio de iluminancia Departamento de Registro Académico**



**Grafico 10. Nivel promedio de iluminancia Departamento de Ciencias Básicas**

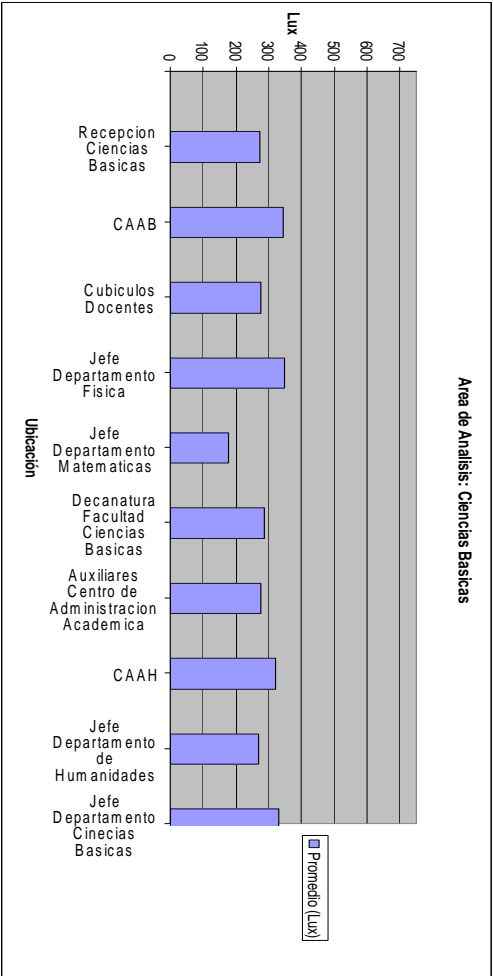




Grafico 11. Nivel promedio de iluminancia Vicerrectoria Académica

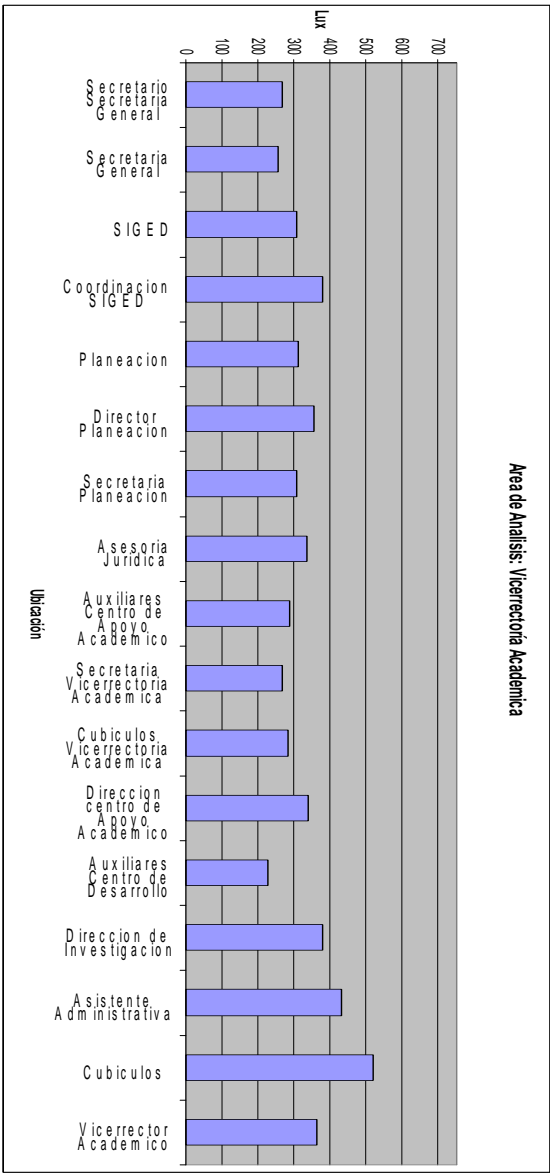
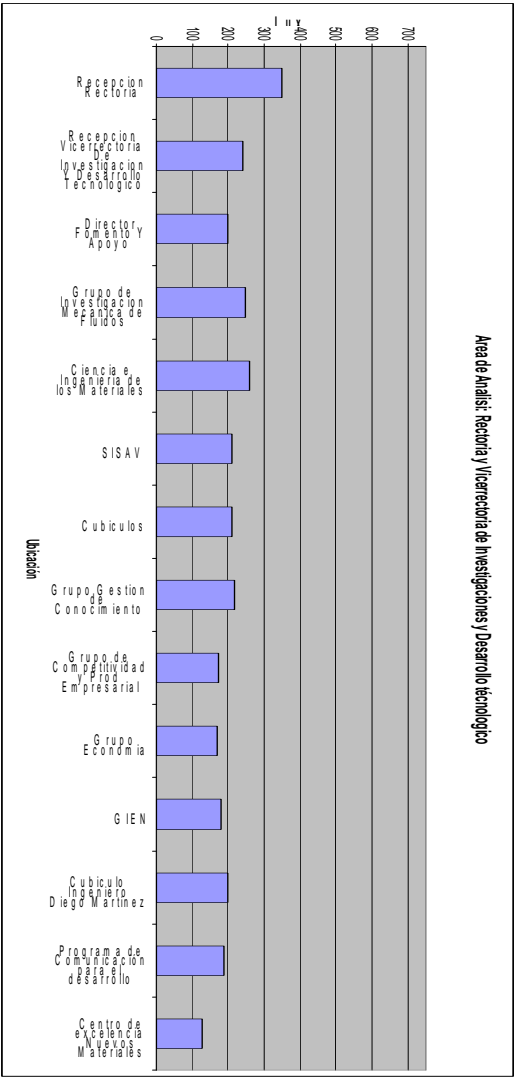
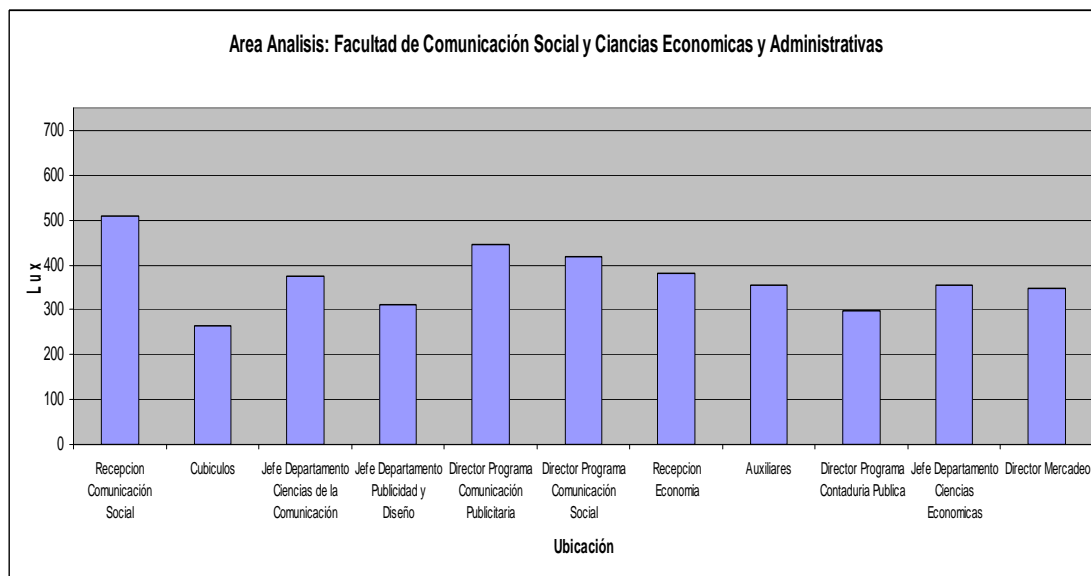


Grafico 12. Nivel promedio de iluminancia Rectoría y Vicerrectoria de Investigaciones y Desarrollo Tecnológico

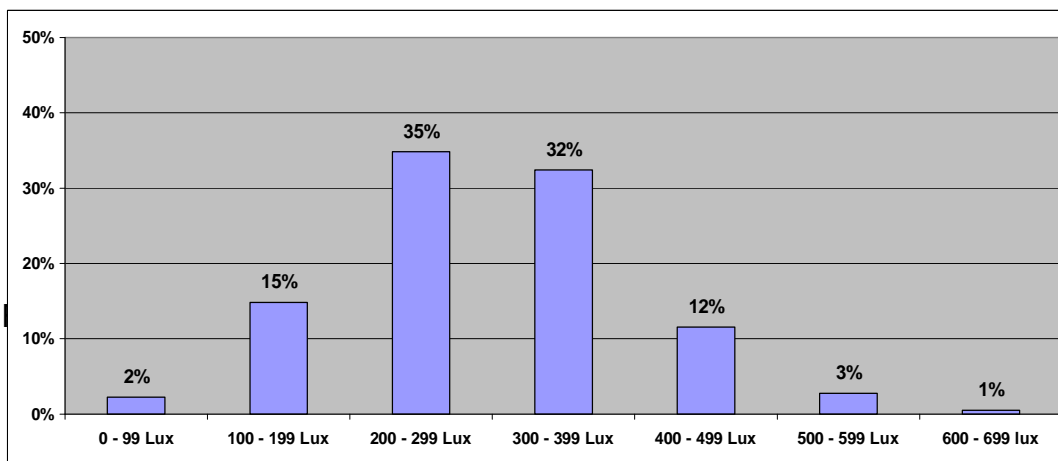


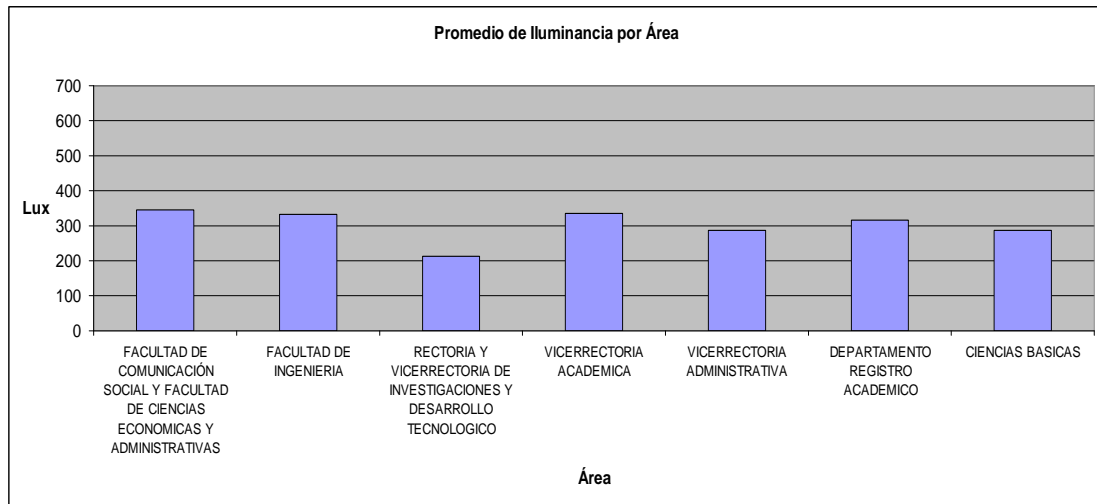
**Grafico 13. Nivel promedio de iluminancia Facultad de Comunicaciones Social y Ciencias Económicas y Administrativas**



De acuerdo a los resultados de la medición, solo el 15% de los 497 puntos medidos tiene un nivel de luminancia medio, el 32% se encuentra en un valor mínimo de luminancia y un 52% no cumplen con la norma establecida en el RETIE.

**Grafico 14: Porcentaje de iluminancia vs Lux**





Según el grafico anterior, el área de Vicerrectoría de Investigaciones y Desarrollo tecnológico, en promedio tiene el índice mas bajo de iluminancia, mientras que el resto de las sitios, tan solo alcanzan un nivel bajo de luminancia respecto a la norma RETIE.

La facultad de ingeniería a pesar de tener el mayor número de luminarias instaladas, el promedio de iluminación se encuentra en el nivel mínimo. Estos valores indican una deficiencia considerable en cuanto a la calidad que debe tener un sistema de iluminación.

**10.2.5 Nivel De Consumo En Iluminación.** Haciendo referencia al inventario de luminarias realizado en cada uno de los sectores del edificio, la potencia nominal total de consumo de las luminarias debe ser del orden de 37.2 KW.

El tiempo de utilización diario de las luminarias es de 17 horas. Esto indica que el consumo total aproximado, por concepto de iluminación corresponde a 632.4 KWh diarios.

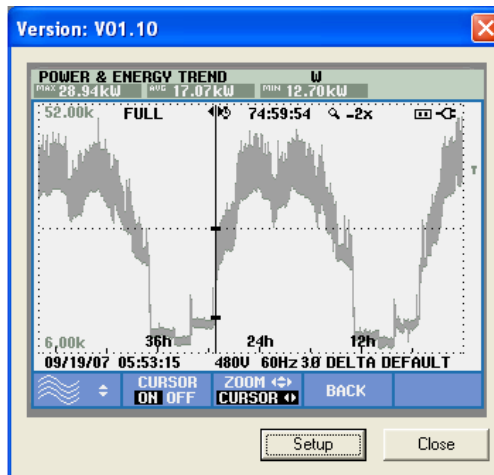
En promedio, cada mes tiene 22 días laborales, lo que indica que el consumo mensual por iluminación es de 13912 KWh/mes.

Asumiendo un valor de \$260 Kwh equivalente a la tarifa implementada por la Empresa de servicios EMCALI, el costo aproximado mensual por concepto de iluminación del área de estudio es de \$3'617.120

El consumo nominal en el piso uno y dos es de aproximadamente 16.1 KW diarios y los pisos tres y cuatro 21.1 KW diarios.

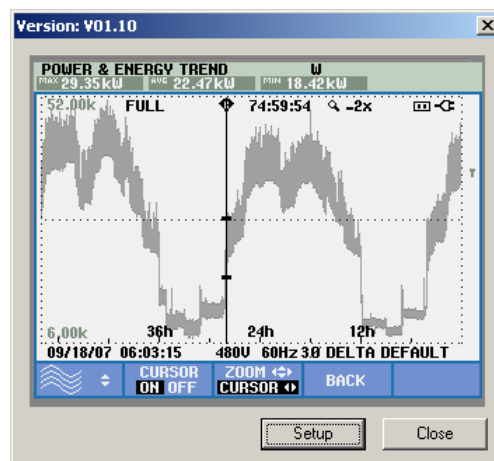
La siguiente grafica tomada del equipo analizador de calidad eléctrica, muestra un nivel de consumo promedio de 17.07 KW justo a las 6:00 a.m. hora en la cual se encienden las luminarias de los pisos uno y dos del edificio.

**Grafico 16. Nivel promedio de consumo de energía en iluminación pisos Uno y Dos.**



La Siguiente Grafica muestra un consumo promedio de 22.27 KW para las luminarias de los pisos tres y cuatro.

**Grafico 17. Nivel promedio de consumo de energía en iluminación pisos Tres y Cuatro.**



Lo anteriormente descrito se puede resumir en la siguiente tabla de datos:

**Tabla 17. Resumen Consumo Energía en Iluminación En el Área de Estudio**

Sector	Consumo diario nominal (Kw)	Consumo mensual nominal (Kw)	Costo \$Kwh	Consumo diario real de Kw	Consumo mensual real de Kw	Costo \$Kwh
Piso 1 y 2	16,1	354,2	\$92.092	17,07	375,54	\$97.640
Piso 3 y 4	21,1	464,2	\$120692	22,27	489,94	\$127384
Total	37,2	818,4	\$212784	39,34	865,48	\$225024

Esto indica que hay un valor adicional mensual de \$12240 respecto al consumo que debe tener el área en iluminación.

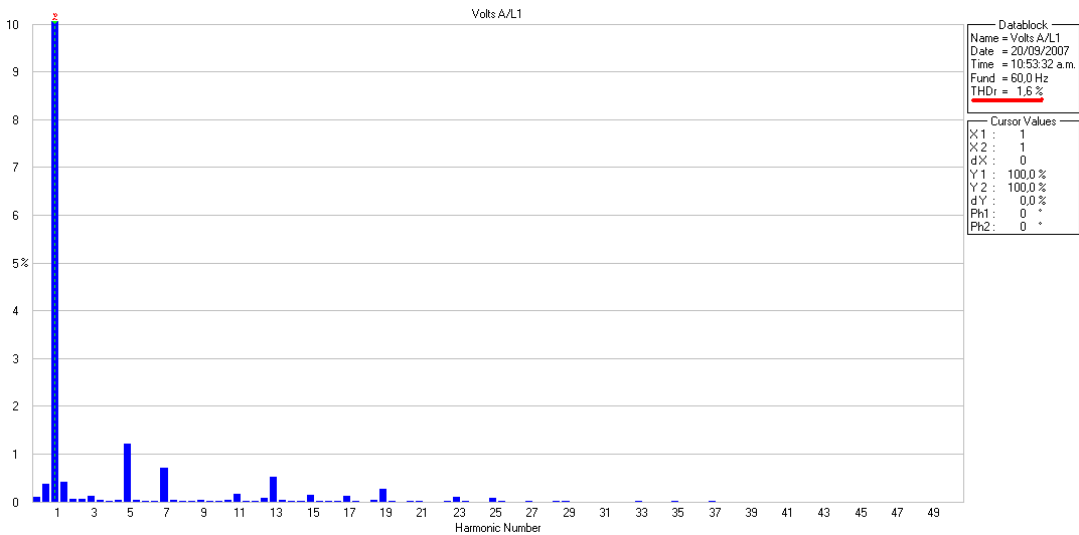
El consumo de energía mayor al que teóricamente debe tener, puede ser producido por el sobre calentamiento de los balastos o a la pérdida de eficiencia de los tubos fluorescentes.

**10.1.10 Análisis Y Presentación De Resultados En Los Tableros De Iluminación.** Una vez efectuadas las mediciones y obtenidos los registros programados se procede a su evaluación con base en la normatividad vigente.

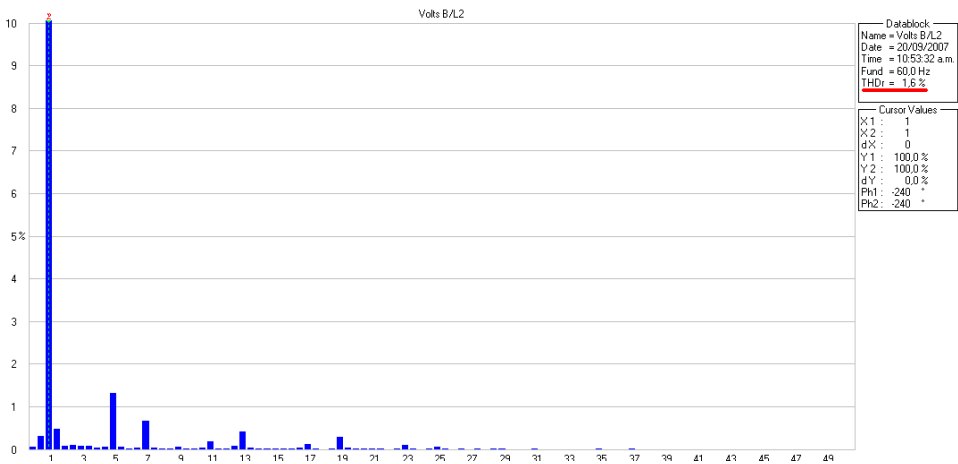
#### Niveles de Armónicos

En las siguientes graficas se puede observar los niveles de armónicos tanto de voltaje como de corriente en el tablero de iluminación del segundo piso del edificio, medidos con el equipo analizador trifásico de calidad eléctrica.

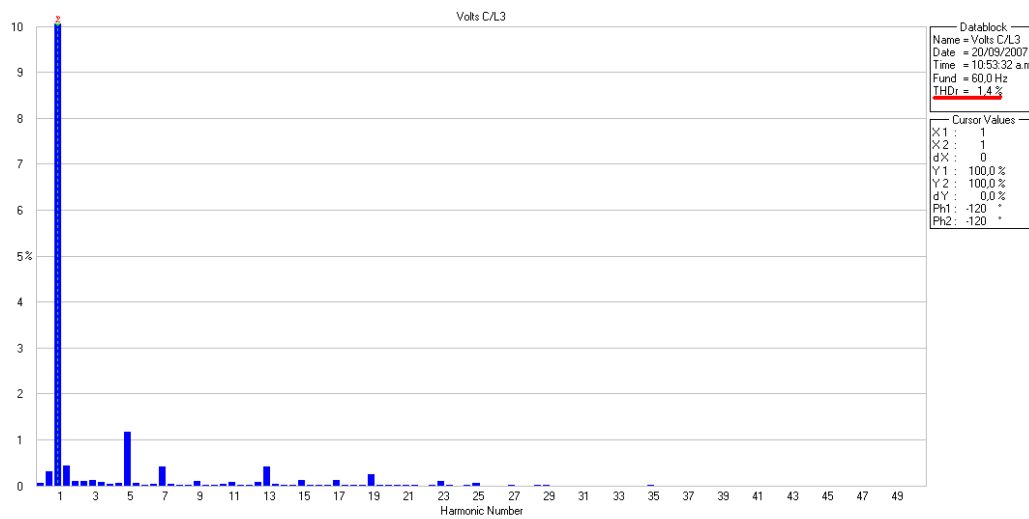
**Grafico 18. Nivel de THDv Línea L1 Tablero Iluminación TD-6 piso 1.**



**Grafico 19. Nivel de THDv Línea L2 Tablero Iluminación TD-6 piso 1.**



**Grafico 20. Nivel de THDv Línea L3 Tablero Iluminación TD-6 piso 1.**



**Grafico 21. Resumen Nivel de THDi Tablero Iluminación TD-6 piso 1.**

Version: V01.10

HARMONICS TABLE			
Amp	L1	L2	L3
THD%	11.9	10.1	11.9
H3%	7.7	1.2	5.9
H5%	8.2	9.4	9.7
H7%	0.6	0.8	0.9
H9%	2.0	0.5	1.6
H11%	0.5	0.5	0.4
H13%	1.8	2.0	1.7
H15%	1.8	0.9	1.1

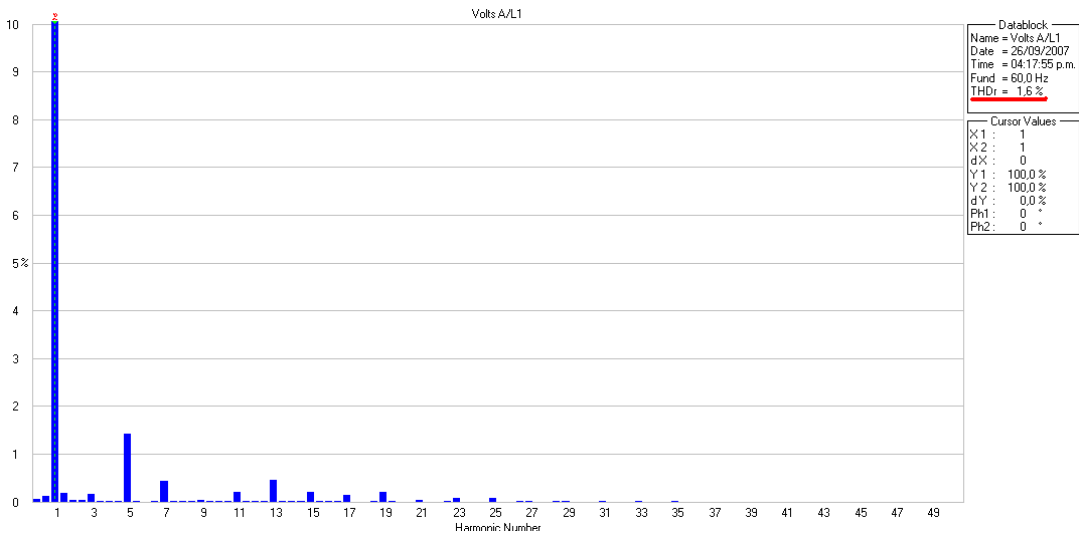
09/22/07 09:29:52 480V 60Hz 3Ø DELTA DEFAULT

U A W BACK TREND

Setup Close

A continuación se muestran los niveles de armónicos obtenidos para el tablero de iluminación del piso tres del edificio.

**Grafico 22. Nivel de THDv Línea L1 Tablero Iluminación TD-8 piso 3**



**Grafico 23. Nivel de THDv Línea L2 Tablero Iluminación TD-8 piso 3.**

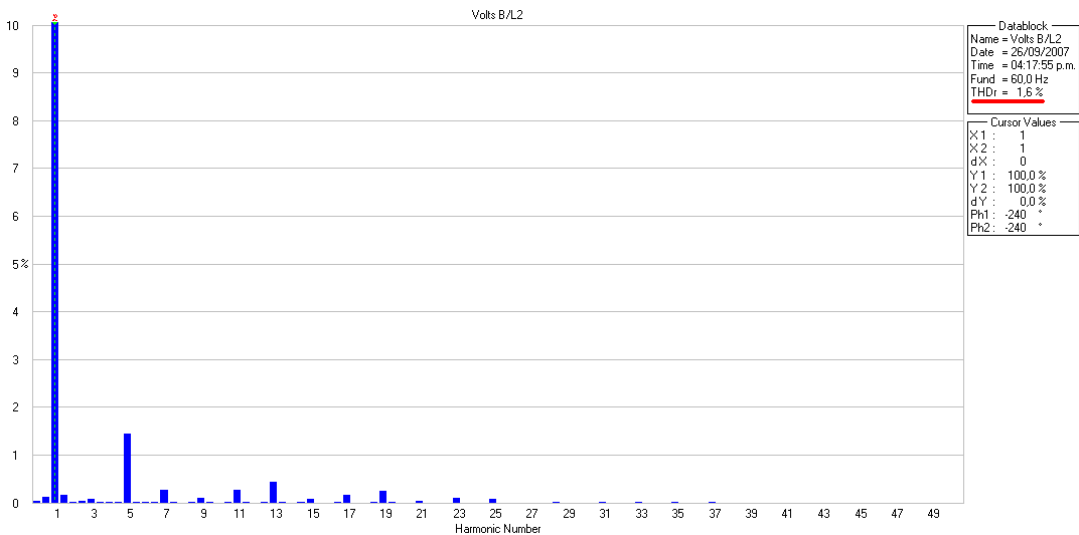




Grafico 24. Nivel de THDv Línea L3 Tablero Iluminación TD-8 piso 3

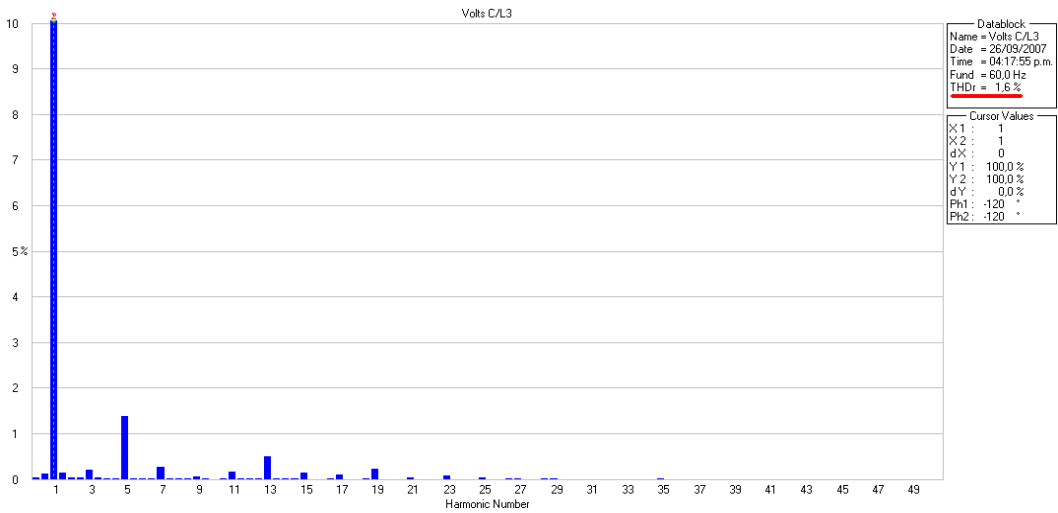


Grafico 25. Resumen Nivel de THDi Tablero Iluminación piso 3

Version: V01.10

HARMONICS TABLE

65:56:15

Amp	L1	L2	L3
THD%r	16.4	16.6	14.9
H3%r	3.4	7.2	3.1
H5%r	13.8	13.0	12.9
H7%r	2.4	1.6	1.3
H9%r	2.9	3.4	3.1
H11%r	2.0	1.6	1.3
H13%r	3.5	3.0	3.0
H15%r	3.4	1.9	2.3

09/29/07 10:14:10 480V 60Hz 3Ø DELTA DEFAULT

U A V U&A BACK TREND

Setup Close

En la siguiente tabla de datos, se resumen los datos obtenidos de la medición en parámetros de distorsión armónica de tensión y corriente en los tableros de iluminación TD-6 y TD-8.

**Tabla 18. Resumen datos THD en tableros de iluminación**

Tablero	THDv (%)			THDi (%)		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
TD-6	1.6	1.6	1.4	11.9	10,1	11.9
TD-8	1.6	1.6	1.6	16.4	16.6	14.9

## 10.2 CIRCUITOS ASOCIADOS AL CONSUMO DE LOS COMPUTADORES

La principal carga que tienen los circuitos de tomas corriente son los computadores. Adicionalmente, otras cargas que se conectan son las impresoras, equipos de fax y algunas lámparas de escritorio.

**Tabla 19: Inventario de computadores en servicio**

Área	Computadores
Facultad Ingeniería	86
Facultad de Ciencias Básicas y Humanidades	62
Facultad de Comunicación Social y Ciencias Económicas Y Administrativas	72
Vicerrectoría Académica	41
Rectoría y Vicerrectoría de Investigaciones y Desarrollo Tecnológico	47
Departamento de Registro Académico	24
Vicerrectoría Administrativa	41

Los computadores de escritorio instalados en el área de estudio, en su gran mayoría son marca IBM net vista con las siguientes características de placa:

**Tabla 20. Datos placa computadores IBM**

Parámetro	Valor
Voltaje	125 V
Corriente	4 A
Potencia de consumo	0,5 Kw

**10.2.1 Consumo Nominal De Energía En Cada Sector.** De acuerdo al inventario de computadores instalados, el consumo de potencia teórico se describe en la siguiente tabla de datos:

**Tabla 21. Consumo de potencia teórico en cada sector de trabajo**

Área	Consumo en Kw
Facultad Ingeniería	9.46
Facultad de Ciencias Básicas y Humanidades	6.82
Facultad de Comunicación Social y Ciencias Económicas Y Administrativas	7.92
Vicerrectoría Académica	4.51
Rectoría y Vicerrectoría de Investigaciones y Desarrollo Tecnológico	5.17
Departamento de Registro Académico	2.64
Vicerrectoría Administrativa	4.51

**10.2.2 Procedimiento.** Las mediciones de los parámetros de energía y armónicos se llevaron a cabo en todos los cuartos eléctricos del edificio. La información fue recolectada con un equipo analizador de calidad eléctrica trifásico FLUKE Modelo 434.

**10.2.3 Características Técnicas De Equipo Utilizado.**

Número Entradas: 4 de tensión y corriente (3 fases + neutro)

Tensión máxima: 1000 Vrms (pico de 6 kV)

Velocidad de muestreo máxima: 200 kS/s en cada canal simultáneamente

Modos de medida: Volt./Amp./Hz, Fluctuaciones, Armónicos, Potencia y energía, Parpadeo, Desequilibrio, Transitorios y Corrientes de arranque.

**Figura 5. Analizador de calidad eléctrica trifásico**



Fuente: Analizadores trifásicos de calidad eléctrica serie 430 de Fluke: [En línea] México: Fluke Corporation, 2008. [Consultado 07 de Enero de 2008]. Disponible en Internet: [www.fluke.nl/comx/show\\_product.aspx?type=16&pid=35669&locale=mxes](http://www.fluke.nl/comx/show_product.aspx?type=16&pid=35669&locale=mxes)

#### **10.2.4 Valores Obtenidos De La Medición**

#### **10.2.5 Nivel De Consumo De Energía Tomas Piso 1**

Nivel de Potencia tomas piso 1 trafo 20KVA

#### **Grafico 26. Promedio consumo Potencia piso 1 trafo 20KVA**

Version: V01.10

Power & Energy				
	L1	L2	L3	Total
kW	2.28	1.27	2.00	5.55
kVA	2.48	1.45	2.23	6.30
kVAR	0.97	0.70	0.99	2.66
PF	0.92	0.88	0.90	0.88
DPF	0.96	0.97	0.95	0.93
A rms	20.5	12.0	18.5	
	L1	L2	L3	
V rms	120.7	121.0	120.6	
10/30/07 09:07:34 120V 60Hz 3Ø WVE DEFAULT				
TREND				
Setup Close				

Se observa que la potencia promedio consumida en el trafo es del orden de 6.30 KVA, es decir que el trafo esta trabajando al 31.5% de su capacidad nominal. Esta situación genera perdida de consumo de energía. Adicionalmente, el factor de potencia no cumple con la norma de calidad de energía.  
Nivel de Armónicos de corriente

**Grafico 27. Nivel de armónicos en Trafo 20 KVA Piso 1**

Version: V01.10

HARMONICS TABLE

3:02:08

Volts	L1	L2	L3	N
THD%	2.4	2.2	2.4	56.9
H3%	0.9	0.4	0.7	4.0
H5%	2.0	1.8	2.0	1.2
H7%	0.2	0.3	0.2	1.3

Amps	L1	L2	L3	N
H3%	22.6	18.1	30.0	71.2
H5%	15.6	10.5	15.3	4.8
H7%	8.6	3.9	4.3	3.8

10/30/07 12:12:05 120V 60Hz 3Ø WYE DEFAULT

U&A BACK TREND

Setup Close

Desbalance de tensión y corriente

**Grafico 28. Desbalance de tensión y corriente trafo 20 KVA piso 1**

Version: V01.10

Unbalance

0:15:56

	Uneg.	Uzero	Aneg.	Azero
Unbal. (%)	100	8.8	250	21.0
	L1	L2	L3	N

Vfund	113.4	114.2	112.3	0.0
Hz	60.01			
	L1	L2	L3	N

$\phi V(^{\circ})$	0	-239	-119	-106
$\phi A-U(^{\circ})$	17	-8	-21	-10
Rfund	23.6	11.8	21.0	4.7

10/31/07 11:03:55 230V 60Hz 3Ø WYE DEFAULT

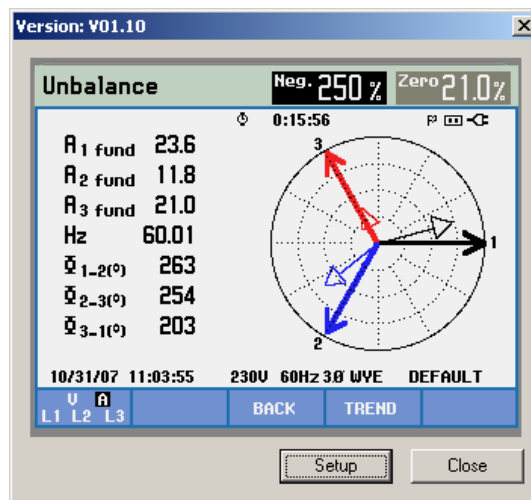
TREND

Setup Close

En la grafica 28 se puede observar que existe un desbalance de corriente.

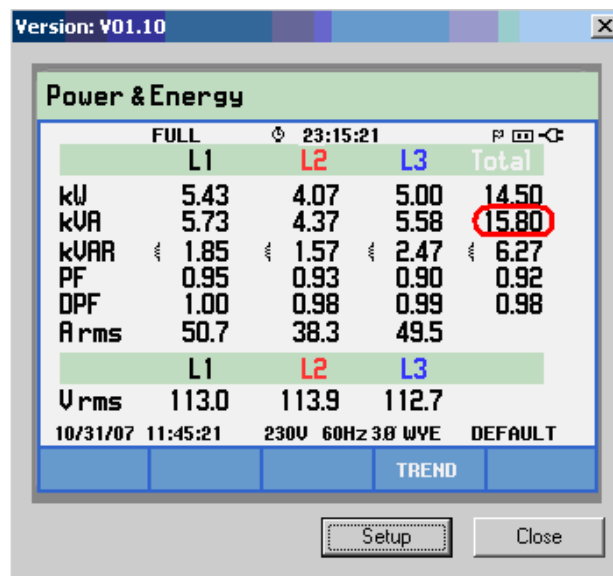
En el diagrama fasorial (Grafico 29) se indica que la línea dos presenta menor carga hecho que genera el desbalance.

**Gráfico 29. Diagrama fasorial de líneas trafo 20 KVA piso 1.**



Nivel de consumo de energía tomas piso 1 trafo 30KVA

**Gráfico 30. Promedio consumo Potencia piso 1 trafo 30KVA**



De acuerdo al gráfico anterior, la cargabilidad del trafo se encuentra en un 52.6%.

Nivel de Armónicos de corriente

**Grafico 31. Nivel de armónicos en Trafo 30 KVA Piso 1**

Version: V01.10

**HARMONICS TABLE**

49:02:55

Volt	L1	L2	L3	N
THD%	3.4	2.8	3.6	83.5
H3%	2.1	1.5	1.9	15.9
H5%	2.4	2.1	2.6	5.4
H7%	0.2	0.4	0.2	3.0

Amp	L1	L2	L3	N
H3%	32.0	30.1	39.4	91.4
H5%	13.2	13.6	19.4	5.8
H7%	2.0	5.2	3.9	5.0

10/29/07 11:07:32 120V 60Hz 3Ø WYE DEFAULT

U A W  
U&A BACK TREND

Setup Close

Parámetros de desbalance

**Grafico 32. Parámetros de desbalance trafo 30 KVA piso 1**

Version: V01.10

**Unbalance**

0:17:08

	Uneg.	Uzero	Aneg.	Azero
Unbal.(%)	100	29.4	100	131
	L1	L2	L3	N

Vfund	113.2	114.5	113.2	0.0
Hz	59.94			
	L1	L2	L3	N

ØV(°)	0	-239	-119	-112
ØR-V(°)	- 4	- 12	- 5	- 89
Rfund	52.4	36.1	45.1	17.2

10/31/07 12:02:47 230V 60Hz 3Ø WYE DEFAULT

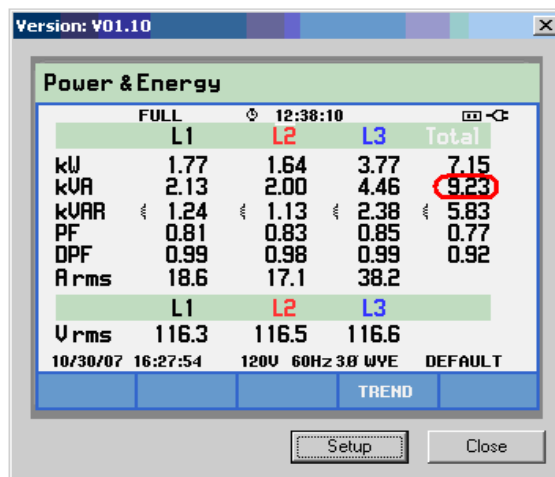
TREND

Setup Close

Las cargas se encuentran equilibradas y no se presenta anomalía.

## 10.2.6 Nivel De Consumo De Energía Piso 2. Nivel consumo de Potencia.

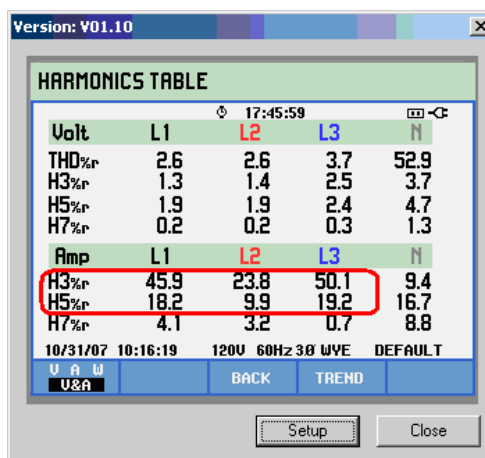
**Grafico 33. Promedio consumo Potencia trafo 20KVA piso 2**



El trafo de 20 KVA el cual alimenta el circuito de tomas para el piso 2, esta trabajando al 46% de su potencia nominal total.

Nivel de Armónicos de corriente

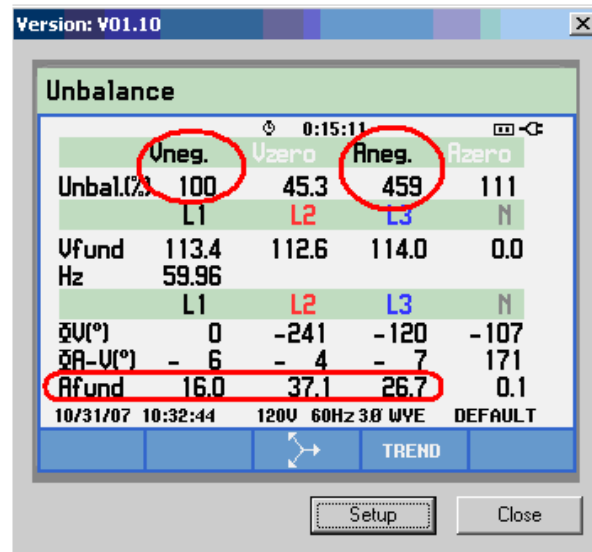
**Grafico 34. Nivel de Armónicos de corriente trafo 20KVA piso 2**





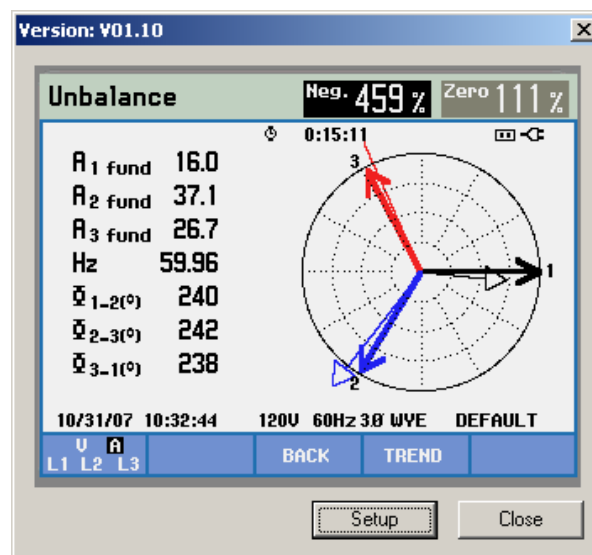
Parámetros de desbalance

**Grafico 35. Parámetros de desbalance trafo 20 KVA piso 2**



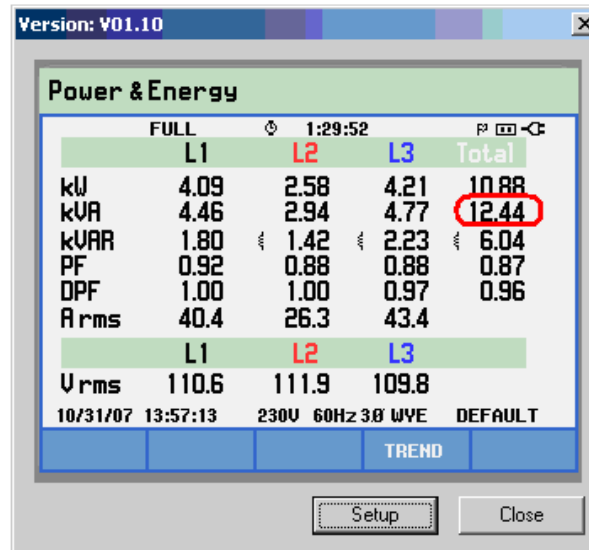
Se presenta un desbalance en la magnitud de las corrientes. En cuanto a la tensión no se esta presentando está situación.

**Grafico 36. Diagrama fasorial de líneas trafo 20 KVA piso 2**



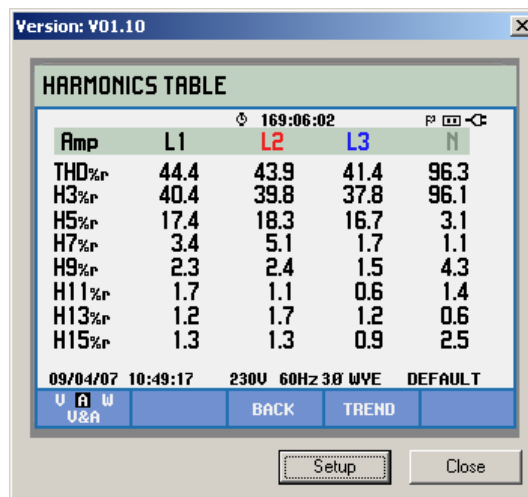
### 10.2.7 Nivel De Consumo De Energía Piso 3. Nivel consumo de Potencia.

**Grafico 37. Promedio consumo Potencia trafo 20KVA piso 3**



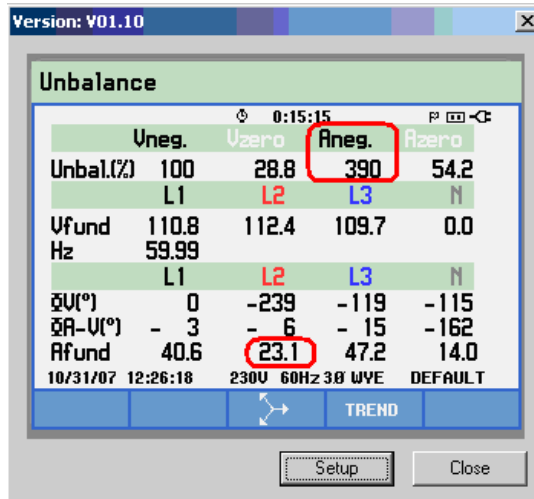
La carga promedio del transformador es del orden de 62% de su capacidad total.  
 El factor de potencia se encuentra dentro de la norma  
 Nivel de Armónicos de corriente

**Gráfico 38. Nivel de armónicos en trafo 20KVA piso 3**



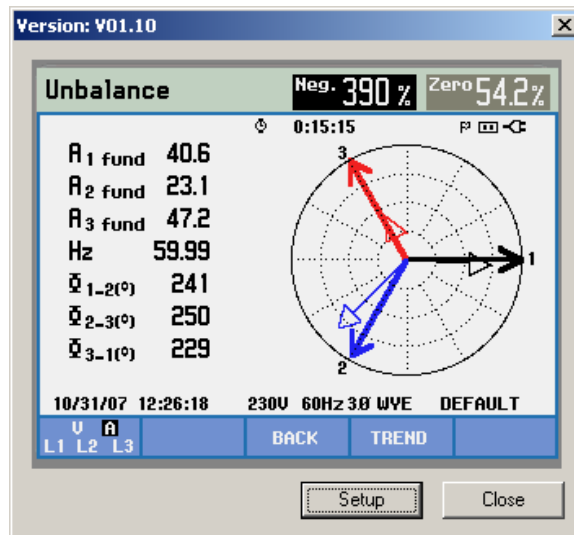
Parámetros de desbalance

**Grafico 39. Parámetros de desbalance trafo 20 KVA piso 3**



La línea dos presenta una carga menor respecto a las otras líneas. Debido a esto, se presenta el desbalance y no cumple con la norma.

**Grafico 40. Diagrama fasorial de líneas trafo 20 KVA piso 3**



En el diagrama fasorial, el vector de la línea dos se encuentra desfasado y genera el desbalance en general.

### 10.2.8 Nivel De Consumo De Energía Piso 4. Nivel consumo de Potencia Trafo 25 KVA.

**Grafico 41. Promedio consumo Potencia trafo 25KVA piso 4**

Version: V01.10

Power & Energy				
	L1	L2	L3	Total
kW	5.10	3.94	0.53	9.56
kVA	5.18	4.99	0.64	12.55
kVAR	0.92	3.07	0.37	8.12
PF	0.98	0.79	0.82	0.76
DPF	1.00	0.69	0.89	0.72
A rms	42.5	41.0	5.2	
U rms	122.0	121.8	123.0	

09/06/07 16:10:32 230V 60Hz 3Ø WYE DEFAULT

TREND

Setup Close

El trafo se encuentra trabajando la 50.2% de su capacidad total nominal. Adicionalmente, no se esta cumpliendo con la norma en cuanto a factor de potencia pues el promedio indica que se encuentra en 0.76. Nivel de Armónicos de corriente Trafo 25KVA

**Grafico 42. Nivel de armónicos en trafo 25KVA piso 4**

Version: V01.10

HARMONICS TABLE				
Amp	L1	L2	L3	N
THD%	5.8	3.2	7.8	29.1
H3%	4.8	0.9	5.5	22.6
H5%	3.0	2.7	4.6	14.4
H7%	0.6	0.9	2.2	5.9
H9%	0.4	0.1	1.4	7.3
H11%	0.2	0.6	1.0	3.8
H13%	0.6	0.5	0.7	1.6
H15%	0.2	0.1	0.3	0.3

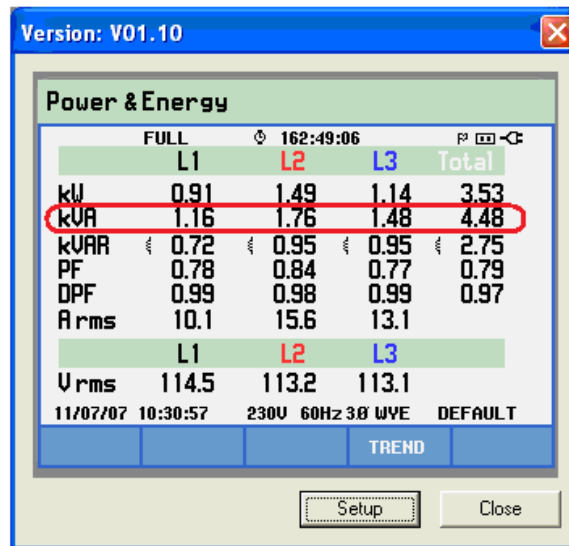
09/11/07 16:08:02 230V 60Hz 3Ø WYE DEFAULT

U A W U&A BACK TREND

Setup Close

Nivel consumo de Potencia Trafo 20 KVA

**Grafico 43. Promedio consumo Potencia trafo 20KVA piso 4**

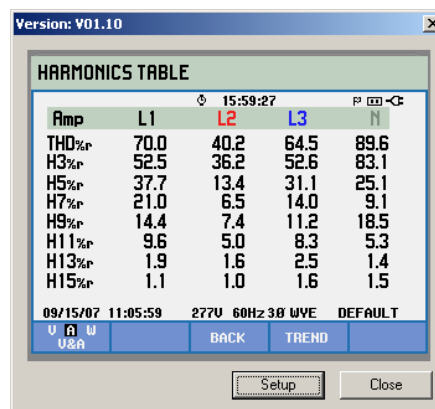


El transformador se encuentra trabajando en el 22,4% de su capacidad nominal total.

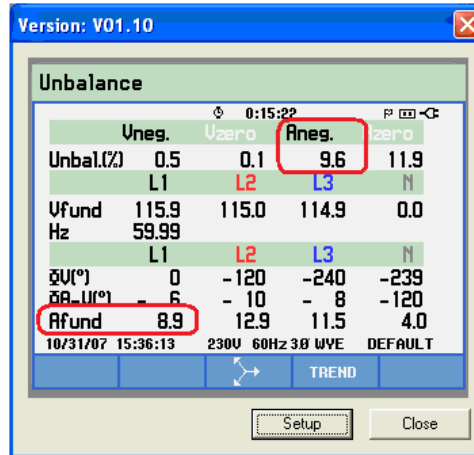
El factor de potencia se encuentra en un nivel muy debajo de la norma establecida.

Nivel de Armónicos de corriente Trafo 20 KVA

**Grafico 44. Nivel de armónicos en trafo 20KVA piso 4**

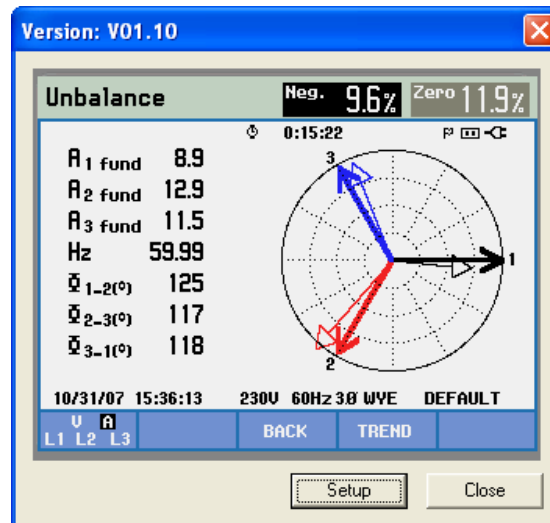


### Grafico 45. Parámetros de desbalance trafo 20 KVA piso 4



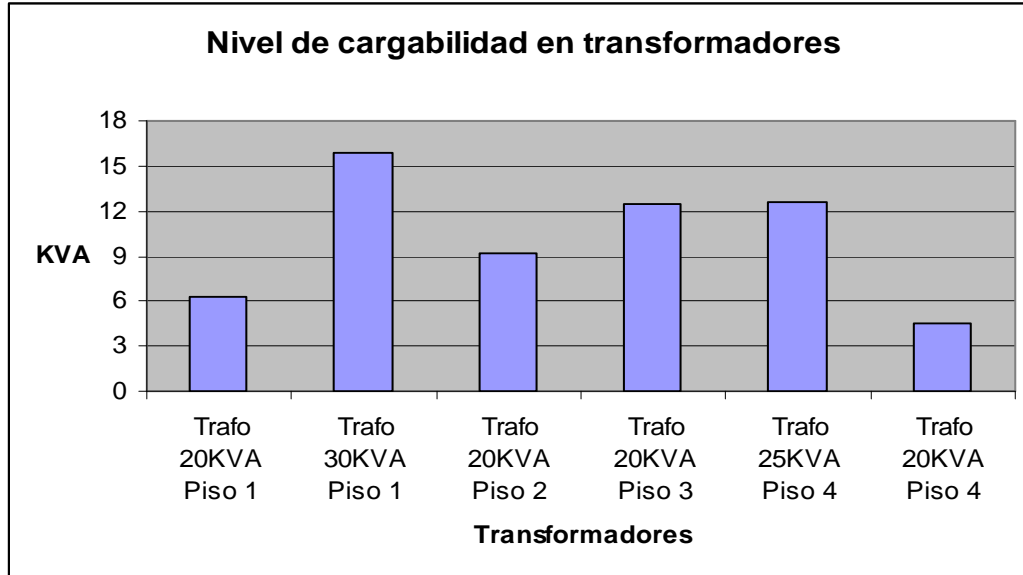
Existe un pequeño desbalance de corriente en la línea uno. El porcentaje de desbalance de tensión se encuentra dentro de la norma.

**Grafico 46. Diagrama fasorial de líneas trafo 20 KVA piso 4**



### 10.2.9 Resumen De Medición En Transformadores.

**Grafico 47. Nivel de cargabilidad transformadores**



**Tabla 22: Resumen valores obtenidos de medición en transformadores**

Equipo	Carga (KVA)	% de carga	Nivel de desbalance
Trafo 20KVA Piso 1	6,3	31,50%	Desbalance corriente fase 2
Trafo 30KVA Piso 1	15,8	52,60%	Optimo
Trafo 20KVA Piso 2	9,23	46%	Desbalance corriente fase 3
Trafo 20KVA Piso 3	12,44	62%	Desbalance corriente fase 2
Trafo 25KVA Piso 4	12,55	50,20%	Desbalance corriente fase 3
Trafo 20KVA Piso 4	4,48	22,40%	Desbalance corriente fase 1

De acuerdo a la tabla anterior, se observar que los transformadores de los pisos uno y cuatro tiene una cargabilidad en promedio muy baja respecto a la capacidad nominal, lo que genera perdidas.

Solo el transformador de 30 KVA del piso uno, no presenta desbalance de corriente, para resto de los transformadores se presenta desbalance en alguna de sus fases debido a que las cargas monofásicas no están correctamente distribuidas.

Teniendo como base un promedio de 17 horas laborales diarias, el consumo total nominal diario equivale a 1305 KWh/día.

De acuerdo a la medición realizada, el consumo real promedio diario en iluminación y tomas equivale a 908 KWh/día.

Lo anterior indica que no hay pérdidas considerables de energía, ya que el consumo real no supera el nominal.

- **Calculo Eficiencia Y Factor K En Transformador De 30 Kva.** Para hallar la eficiencia del transformador bajo carga se debe tener en cuenta el horario de trabajo y los siguientes cálculos:

Calcular el Índice Medio de Carga.

Primero se calcula la Corriente promedio así:

$$I_c = \sqrt{\frac{I_1^2 \otimes t_1 \oplus I_2^2 \otimes t_2 \oplus I_3^2 \otimes t_3 \oplus I_4^2 \otimes t_4 \oplus I_5^2 \otimes t_5}{t_1 \oplus t_2 \oplus t_3 \oplus t_4 \oplus t_5}}$$

Donde:

$I_1^2 \otimes t_1$  = Corriente 1 en el intervalo de tiempo 1, y así sucesivamente para el resto.

El Índice de Carga Medio se calcula con la siguiente formula:

$$C_M = \frac{I_c}{I_N}$$

Donde:

$I_c$  = Corriente Promedio.

$I_N$  = Corriente Nominal en el secundario.

A continuación se describe en la Tabla los valores de corriente y tiempo para hacer los cálculos:



**Tabla 23. Valores de Corriente y Tiempo Trafo 30 KVA**

Hora	Valor Corriente (A)
19:00	45,03
20:00	27,73
21:00	22,3
22:00	19,13
24.00	11,2

Los Resultados obtenidos son:

$$I_c = \sqrt{\frac{\langle 45.03^2 \otimes 1 \rangle \oplus \langle 27.73^2 \otimes 1 \rangle \oplus \langle 22.3^2 \otimes 1 \rangle \oplus \langle 19.13^2 \otimes 1 \rangle \oplus \langle 11.2^2 \otimes 2 \rangle}{1 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 2}}$$

$$I_c = 25.53 \text{ A}$$

Como la  $I_N = 81.32 \text{ A}$ , dato tomado de la placa del transformador.

Entonces el índice medio de carga es:

$$C_M = \frac{25.53}{81.32} = 0.3139$$

Para calcular el rendimiento se emplea la siguiente ecuación matemática:

$$\eta = \frac{\sqrt{3} * V_2 * C * I_{N2} * \cos \theta_2}{\sqrt{3} * V_2 * C * I_{N2} * \cos \theta_2 + P_T}$$

Donde:

$V_2$  = Voltaje en el secundario. (V)

$C$  = Índice medio de Carga

$I_{N2}$  = Corriente nominal del secundario. (A)

$\cos \theta_2$  = Factor de Potencia en el secundario.

$P_T$  = Perdidas Totales del transformador. (W) NTC 3445

El resultado es:

$$\eta = \frac{\sqrt{3} * 120.7 * 0.3139 * 81.32 * 0.88}{\sqrt{3} * 120.7 * 0.3139 * 81.32 * 0.88 \oplus 769} \otimes 100\%$$

La Eficiencia del Transformador Bajo Carga es:

$$\eta = 85.92 \%$$

De Acuerdo a este valor podemos decir que la eficiencia en este transformador esta por debajo de la norma.

Para el Calculo del Factor K utilizamos los valores recolectados por el equipo en el Grafico 31 y utilizando la siguiente ecuación:

$$FactorK = \frac{\sum I_h^2}{\sum I_h^2 h^2}$$

$$FactorK = \frac{(32^2 + 13.2^2 + 2^2)}{(32^2 * 3^2) + (13.2^2 * 5^2) + (2^2 * 7^2)} = 0.087$$

Este resultado indica que el Factor K de este transformador se encuentra bien ya que por fabricación el transformador viene con Factor K = 1.

### 10.3 CARACTERIZACION DE COMPUTADORES

Con el siguiente laboratorio se busca encontrar una diferencia en el consumo energético de un computador cuando utiliza un monitor tubo de rayos catódicos (CRT) y una pantalla plana de cristal líquido (LCD).

A continuación se describe los parámetros de voltaje, corriente, consumo de potencia y armónicos del computador. El equipo utilizado para obtener dicha información, fue un analizador de red monofásico marca Fluke modelo 43.

**Tabla 24. Parámetros eléctricos computador con monitor CRT**

Parámetro	Valor
Voltaje	114,1 V
Corriente	1,10 A
Potencia de consumo	0,11 Kw
Factor de potencia	0,9
Armónico de voltaje (THDv)	3,60%
Armónico de corriente (THDi)	41,10%

Teniendo en cuenta estos valores, se realizo la misma medición utilizando un monitor LCD de 17”.

Los valores obtenidos se describen en la siguiente tabla de valores:

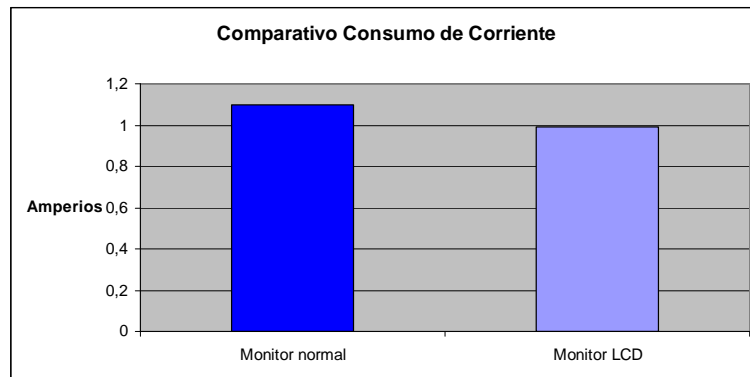
**Tabla 25. Parámetros eléctricos computador con monitor LCD**

Parámetro	Valor
Voltaje	115,5 V
Corriente	0,99 A
Potencia de consumo	0,09 Kw
Factor de potencia	0,92
Armónico de voltaje (THDv)	3%
Armónico de corriente (THDi)	33,40%

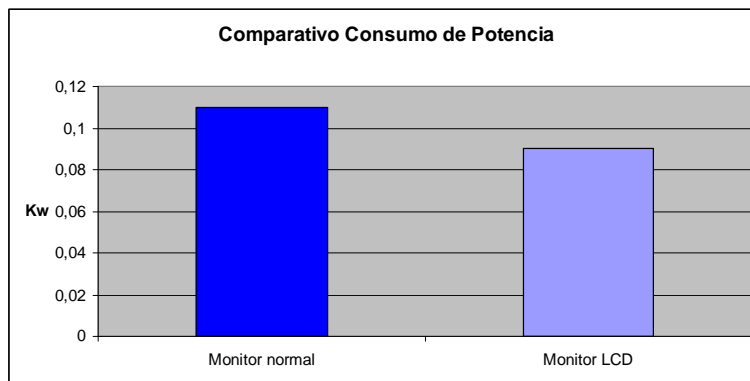
El resultado que se indica es que el computador que utiliza monitor normal tiene un mayor consumo de corriente respecto al que utiliza monitor LCD.

Las siguientes graficas muestran un comparativo de los parámetros de energía en los computadores utilizando monitor normal y monitor LCD.

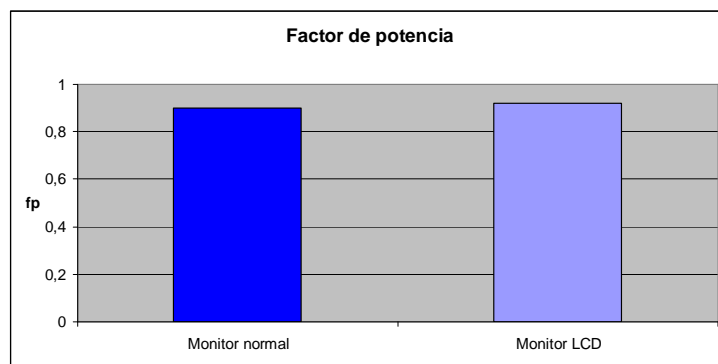
**Grafico 48. Comparativo de Consumo de Corriente en Computadores**



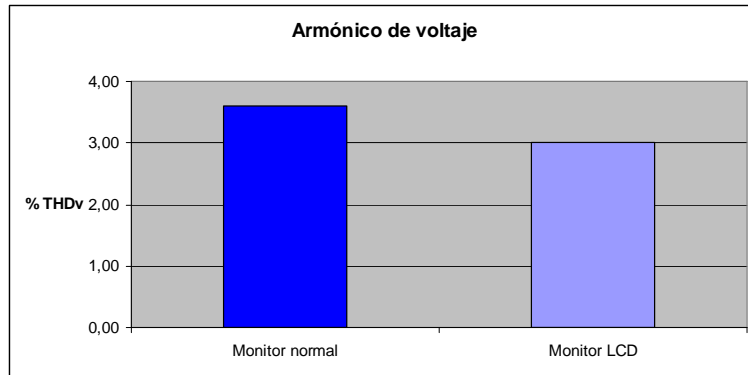
**Grafico 49. Comparativo Consumo de Potencia en Computadores**



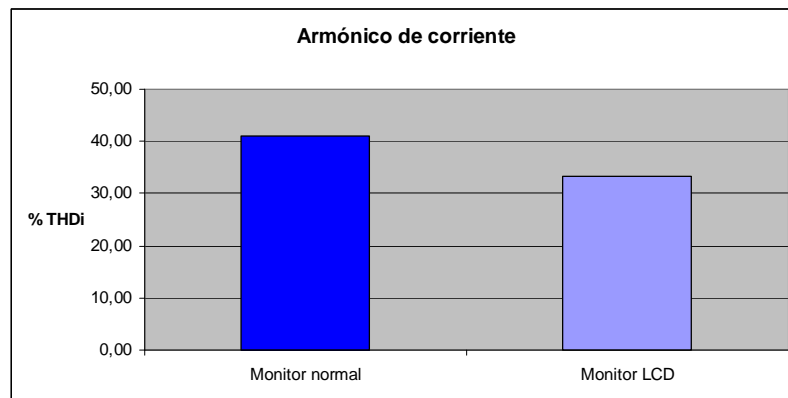
**Grafico 50. Comparativo Factor de Potencia en Computadores**



**Grafico 51. Comparativo Armónicos de Voltaje en Computadores**



**Grafico 52. Comparativo Armónicos de Corriente en Computadores**



De las graficas anteriores se puede concluir que los computadores que utilizan monitor normal tienen un 10% de mayor consumo de corriente comparado con los que utilizan monitores LCD. Esto indica que al utilizar computadores con monitores LCD se obtiene un 18% de menor de consumo de energía y adicionalmente se mejora el factor de potencia.

En términos económicos, la diferencia de consumo de energía tomando como base la jornada laboral de 17 horas diarias, se discrimina de la siguiente manera:

**Potencia consumida computador con monitor CRT= 125,4 W**

**Potencia consumida computador con pantalla LCD= 101,64 W**

**Energía consumida computador con monitor CRT= 125,4 W \* 17 horas = 2131,8 W/h**

**Energía consumida computador con pantalla LCD= 101,64 W \* 17 horas = 1727,88 W/h**

**La Energía ahorrada = 2131,8 W/h - 1727,88 W/h = 404 W/h**

El total de energía ahorrada en el caso que los monitores CRT de todos los computadores del área de estudio (373 según inventario realizado) fueran reemplazados por pantallas LCD sería el siguiente:

**Total ahorro de energía en área de estudio = 404 W/h \* 373 = 150,6 KW/h**

Asumiendo un valor de \$260 KW/h, el ahorro de costo de energía al usar pantallas LCD es el siguiente:

**Ahorro costo de energía con pantalla LCD = 150,6 KW/h \* \$260 KW/h = \$39.156, lo que constituye un ahorro mensual (22 días) en el área de estudio de: \$39156 \* 22 = \$861432.**

Los computadores cuentan con un servicio para ahorro de energía que consiste en colocar el monitor en modo descanso o apagado de pantalla y se desactiva una vez que el usuario oprima una tecla o utilice el Mouse.

Para verificar cual de los dos servicios es más efectivo para ahorro de energía, se realizó un laboratorio donde se midieron los parámetros energéticos en ambos modos utilizando tanto el monitor CRT como la pantalla LCD.

En la siguiente tabla se discrimina los parámetros de energía del monitor CRT, donde se compara los consumos según el estado de descanso y apagado del mismo.

**Tabla 26. Parámetros energéticos monitor CRT en modo descanso y apagado.**

Parámetro	Valor	
	Modo descanso de pantalla	Modo apagado de pantalla
Voltaje (V)	115,2	115,2
Corriente (A)	0,53	0,01
Potencia de consumo (Kw)	0,05	0,01
Factor de potencia	0,68	
Armónico de voltaje (THDv)	3,4%	3,2%
Armónico de corriente (THDi)	73,9%	80,4%

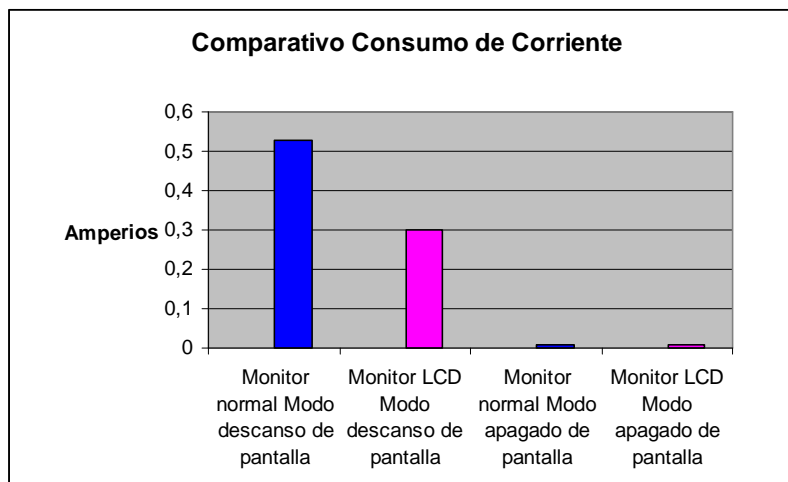
La siguiente tabla se discrimina los parámetros de energía del monitor LCD de 17”.

**Tabla 27. Parámetros energéticos pantalla LCD en modo descanso y apagado.**

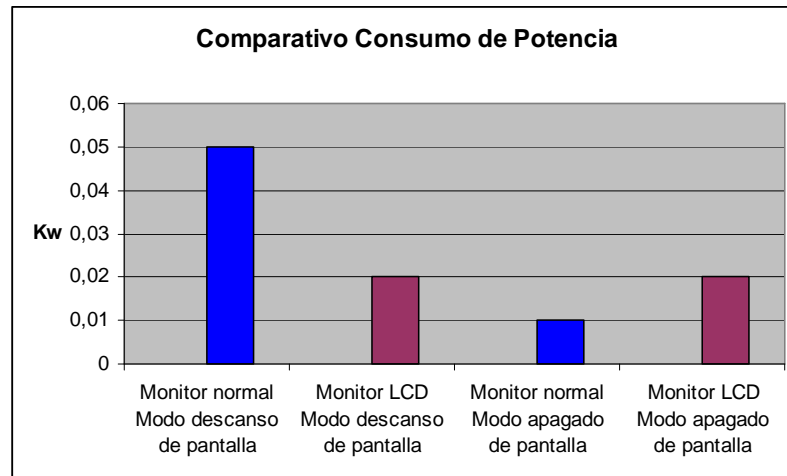
Parámetro	Valor	
	Modo descanso de pantalla	Modo apagado de pantalla
Voltaje (V)	116,1	115,9
Corriente (A)	0,3	0,01
Potencia de consumo (Kw)	0,02	0,02
Factor de potencia	0,6	0,59
Armónico de voltaje (THDv)	2,8%	2,9%
Armónico de corriente (THDi)	78,6%	84,1%

En las siguientes graficas se puede observar un comparativo de los parámetros de energía que tiene cada monitor según el estado de descanso o apagado:

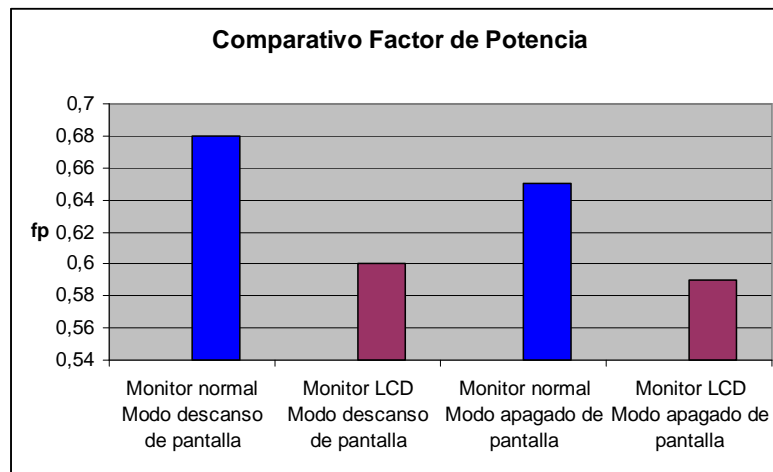
**Grafico 53. Comparativo Consumo de Corriente en Monitores**



**Grafico 54. Comparativo Consumo de Potencia en Monitores**

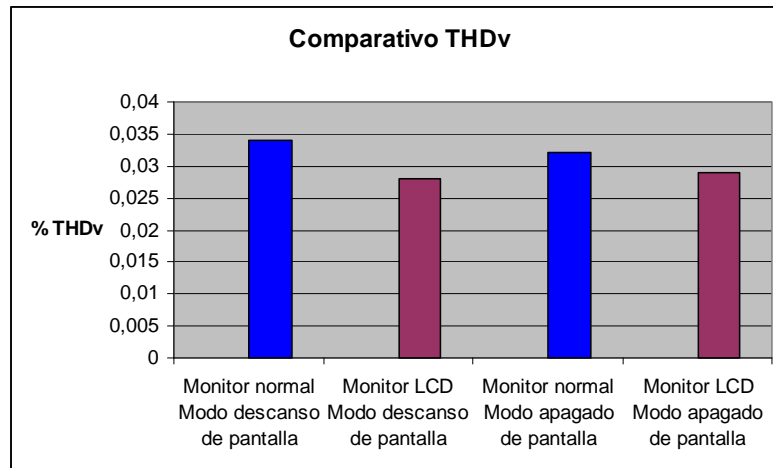


**Grafico 55. Comparativo Consumo de Factor de Potencia en Monitores**

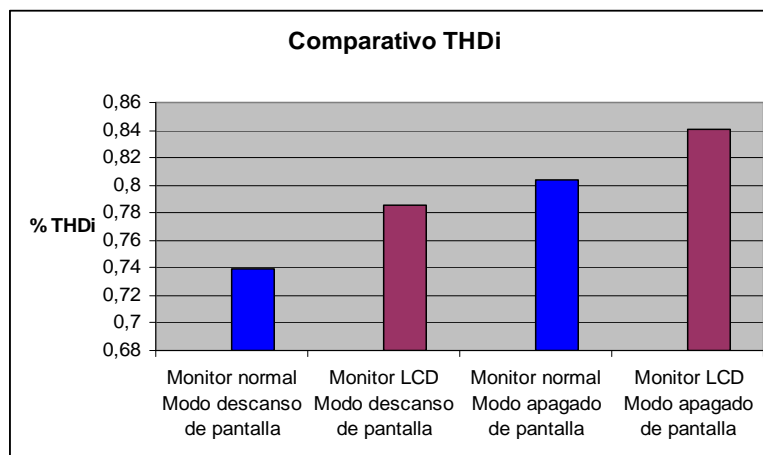




**Grafico 56. Comparativo Consumo de THDv en Monitores**



**Grafico 57. Comparativo Consumo de THDi en Monitores**



De los resultados obtenidos del laboratorio se puede concluir que cuando se activa el modo de descanso solamente se tiene un ahorro de energía del 10% aproximadamente, mientras que los computadores en modo de apagado solamente presentan consumo de la CPU y con esto se obtiene un ahorro de energía del 58% del consumo total del equipo.

En representaciones económicas, la diferencia de operar el computador en modo descanso o apagado de monitor, se describe de la siguiente manera:

**Tabla 28. Resumen de Consumo de Potencia y Ahorro Económico**

<b>Modo</b>	<b>Potencia consumida (W)</b>	<b>Energía consumida (KW/h)</b>	<b>Costo energético (\$)</b>
Descanso	61,056	0,061	15.86
Apagado	1,1	0,001	0,26
<b>Ahorro</b>			15.6

**El ahorro de operar los computadores en modo apagado de pantalla equivales a \$11,98 cada hora por equipo.**

Al implementar una medida de apagado de pantalla durante el receso del medio día en el área de estudio, se tendría el siguiente impacto en cuanto al ahorro de energía:

Total computadores en el área: 373

Tiempo de receso: 1 hora

El ahorro promedio seria:  $\$11,98 \times 373 = \$4468$ .

El equivalente mensual en los 22 días laborales =  $\$4468 \times 22 = \$98296$

El único inconveniente que se presenta con ambos monitores en modo apagado, es que cuando se activa este servicio se aumentan los armónicos de corriente en un 7% aproximadamente.

Otra situación que se presenta con ambos monitores es que cuando se colocan en modo de descanso o apagado, los armónicos de voltaje y corriente aumentan respecto a los armónicos que se generan cuando están en uso.

## **11. PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE AHORRO DE ENERGIA EN TERMINOS DE HABITOS DE CONSUMO**

El Objetivo de esta propuesta es llevar a cabo medidas de uso racional de energía por medio del cual se lograra una reducción de costos por utilización de la energía eléctrica.

La propuesta involucra algunas medidas que no implicaran costos económicos y otras que si tendrán implicaciones económicas que puedan ser solventadas con la reinversión del ahorro obtenido.

El lograr una reducción mensual del consumo energético por muy pequeño que sea, nos dará el inicio para la posible aplicación de un Plan de Ahorro en la Universidad.

El ahorro puede ir aumentando en la medida que se vayan haciendo los ajustes necesarios en diferentes sitios, los cuales se harán en un orden predeterminado considerando primero aquellas medidas que no impliquen un costo económico.

En nuestro proyecto se identificaron las fuentes de consumo de energía eléctrica, para el resto de la Universidad se debe volver a evaluar para determinar si existen mas fuentes de consumo o si se evalúan las descritas a continuación. Aire Acondicionado, Iluminación y equipos de cómputo.

El método de Manejo eficiente de la energía involucra:

- Utilización Eficiente de los recursos de energía disponibles.
- Conservación de la energía.
- Desarrollo de tecnologías para recuperar energía desperdiciada.
- Uso de sistemas de energía renovable.
- Auditorias Energéticas y prevención de desperdicio o mal uso de la misma.
- Monitoreo constante de las principales variables que afectan el consumo de energía, Auditorias Energéticas y prevención de desperdicio o mal uso de la misma.

A continuación se describen las medidas sin costo económico o con un costo bajo que se deben implementar en la propuesta:

- Crear un Comité de Ahorro Energético que se encargara de promover y vigilar la correcta aplicación del plan. Asimismo se encargara de investigar con otras

instituciones con experiencia en el tema sobre nuevas y modernas medidas de ahorro que puedan ser adoptadas en la Universidad.

Dicho comité estará formado por miembros de la UAO que estén involucrados con el área de Energía Eléctrica.

- Designar un coordinador de Ahorro Energético por unidad o área de trabajo quien se encargara de promover, concientizar y coordinar el eficiente uso de la energía eléctrica en su zona de trabajo en constante interacción con el comité de ahorro energético.
- Apagar las luces cuando las instalaciones o parte de ellas están desocupadas.
- Verificar los actuales niveles de iluminación existentes y planificar los ajustes requeridos en cuanto a la iluminación necesaria para el correcto y seguro desempeño de las actividades del personal de la UAO, sin perjuicio de su ambiente laboral. Los ajustes a considerar implican:
  - ✓ Reducir iluminación donde previo análisis determine que es viable, así se reducirá la carga instalada. Por ejemplo: pasillos, áreas de servicio de sanitarios o salas de reuniones.
  - ✓ Retiro de Pantallas difusoras de luminarias siempre y cuando sea posible.
- Instalar controles automáticos para iluminaciones exteriores (Foto celda).
- Individualizar interruptores en áreas de denso número de luminarias, dividiendo en sectores de trabajo.
- Apagado de Computadores, Impresoras y Fotocopiadoras durante el periodo de almuerzo y periodos prolongados donde no se utilicen dichos equipos.
- Configuración de computadores con apagado de monitor cuando no se estén utilizando. Esta actividad representa un ahorro de energía del 58% del consumo de corriente total del equipo.
- Colocar Stickers para Apagado de Alumbrado.
- Instalar sensores de apagado automático en lugares susceptibles a quedar iluminados por largos periodos sin necesidad, por ejemplo servicios sanitarios y salas de reuniones.
- Lanzar una campaña corporativa en aras de ahorro energético y creación de una cultura del ahorro en la población de la Universidad.

- Eliminar fugas de agua en tubería de agua normal para garantizar el eficiente uso de las bombas centrifugas.
- Revisar la correcta operación de controles de termostatos de unidades de AA y no mantener temperaturas demasiado bajas.
- Revisar el buen funcionamiento de puertas y ventanas con el fin de evitar las fugas de aire acondicionado.
- Balancear adecuadamente las cargas en los transformadores de distribución y centros de carga donde sea posible.

#### **Medidas con Costo Económico:**

- Asegurarse que los conductores eléctricos estén dimensionados para la carga que soportan.
- Reemplazo de Monitores convencionales de las PC por monitores de cristal liquido de bajo consumo.
- Revisar y corregir el sistema de Aire Acondicionado. (En donde sea Aplicable).

#### **Para iniciar el Plan de Ahorro Energético se deben llevar a cabo las siguientes actividades:**

- ✓ Aplicar las medidas que no lleven costo o que tiene uno bajo, indicando instrucciones precisas a todo el personal de las normas a implementar para el ahorro energético que conllevan cambios de conducta y/o hábitos (apagado de luces, computadores, etc.).
- ✓ Formar el Comité de Ahorro Energético.
- ✓ Solicitar a todas las unidades involucradas la escogencia del Coordinador de Ahorro Energético para su respectivo nombramiento y entrada en funciones.
- ✓ Solicitar a las unidades encargadas hacer la evaluación respectiva en cuanto al sistema de iluminación, fugas de agua y Nivel de Factor de Potencia.
- ✓ Solicitar al ente encargado en la UAO los recursos económicos para implementar los demás ajustes que llevan poca inversión económica como es el Lanzamiento de la Campaña de Ahorro Energético por medio de la elaboración de afiches a colocar en diferentes zonas, la compra de stickers a colocar en interruptores, entre otras medidas.

- ✓ Solicitar al departamento respectivo llevar a cabo un estudio de campo de los diferentes cuadros eléctricos, consumo eléctrico general, y de circuitos de AA, iluminación y otros para comenzar a planificar en forma coordinada los mayores cambios requeridos (revisión de cableado, balanceo de cargas, etc.).
- ✓ Incluir en los protocolos de inspecciones Técnicas de la UAO, la evaluación de la aplicación del Plan de Ahorro Energético.
- ✓ Considerar de aplicación obligatoria la implementación de las medidas aquí planteadas en todo proyecto nuevo a ejecutarse, estableciendo como un requerimiento técnico a los proveedores, la utilización de equipos de alta eficiencia energética.

Se considera que las medidas aquí planteadas serán de beneficio económico para la Universidad. De tal forma, se recomienda iniciar su aplicación.

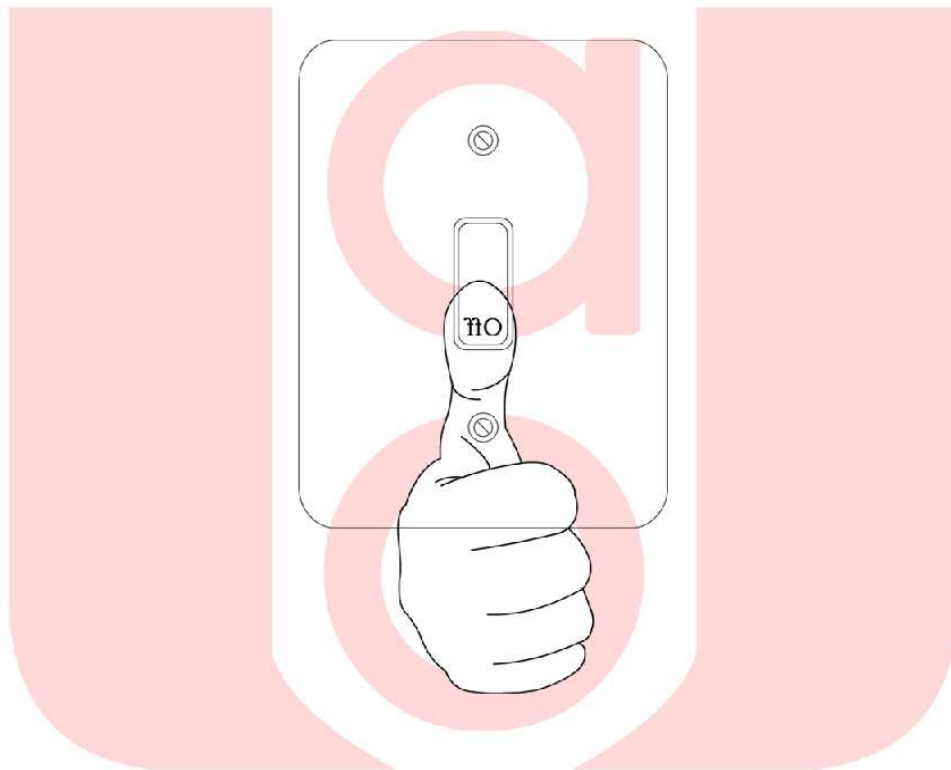
Se deberá evaluar en la medida en que se de la implementación, el logro en la reducción de gastos por pago de energía eléctrica.

Se recomienda proceder al lanzamiento Institucional del Plan de Ahorro Energético y promover la generación de energía eléctrica utilizando recursos renovables.

A continuación presentamos algunas ideas para la campaña de ahorro de energía en lo referente al material publicitario de la misma.

**Grafica 58: Campaña Ahorro De Energía UAO**

**UNETE A LA CAMPAÑA DE  
AHORRO DE ENERGIA, ES TU  
OPORTUNIDAD DE COMPROMISO CON LA UNIVERSIDAD**



**AL FINAL DE LA JORNADA, APAGA TU  
COMPUTADOR**



**CIERRA LA PUERTA, EVITA SALIDA DE AIRE  
ACONDICIONADO**



UTILIZA EL ASCENSOR SOLO CUANDO SEA  
REALMENTE NECESARIO

TE INVITAMOS A SER PARTE DE LA CAMPAÑA DE USO  
RACIONAL DE ENERGIA EN LA UAO

Calcomanías para colocar en el monitor.





## 12. CONCLUSIONES

La mayor parte del sistema de iluminación en el área de estudio no cumple con la norma contenida en el capítulo dos, (artículo 16 del RETIE), diseñada para ofrecer a los trabajadores un ambiente luminoso conveniente para el desarrollo de sus actividades. Esta situación es de gran importancia, puesto que algunos estudios han indicado que el bienestar de las personas en su lugar de trabajo se incrementa cuanto mayor es la calidad de la iluminación.

En algunos puestos de trabajo se encontraron niveles de iluminación muy bajo, del orden de 73 a 100 lux, aspecto que indica que quienes están ubicados en dichos espacios deben hacer un gran esfuerzo para visualizar los objetos, ocasionando como resultado una alta molestia y fatiga visual.

Se debe implementar un nuevo diseño en el método de alumbrado en la Universidad en la cual se garanticen adecuados niveles de iluminación y de igual forma que el funcionamiento y la posición de las luces iluminen de manera adecuada y cumplan la norma en cada puesto de trabajo. Las fuentes de luz deben ser colocadas de manera que eviten los deslumbramientos y que no produzcan reflejos molestos en los monitores de los computadores. Adicionalmente, debe contribuir con un ahorro energético.

Otra alternativa sería cambiar de ubicación los puestos de trabajo en el sentido que se utilicen con mayor eficiencia las luminarias que actualmente están en instaladas.

En los transformadores de potencia el balance de las cargas no cumple con la norma establecida. El resultado de esto genera pérdidas de energía, así como también deterioro al interior de los transformadores.

Conociendo el índice de consumo se puede establecer metas en cuanto a reducción de consumos instalando centros de costos por áreas y estableciendo monitoreos permanentes que permitan establecer consumos no asociados a la producción.

El consumo de Computadores se puede reducir estableciendo una política que implique el apagado del monitor en caso de que no se este utilizando, controlado por el Departamento de Sistemas y los responsables de Área de cada Sector.

Es necesario implementar el Plan de Ahorro Energético, ya que actualmente se ha hecho muy poco al respecto.

Por Ultimo, Implementación de Centros de Costos por Área, para verificar índices de Consumo y establecer metas de Ahorro de Energía.

## BIBLIOGRAFIA

¿Qué es eficiencia energética? [En línea]. Peru: Procobre, 2003. [Consultado 20 de Mayo de 2007]. Disponible en Internet: [http://www.procobreperu.org/energia/Texto/efic\\_en.htm](http://www.procobreperu.org/energia/Texto/efic_en.htm)

Analizadores trifásicos de calidad eléctrica serie 430 de Fluke: [En línea] México: Fluke Corporation, 2008. [Consultado 07 de Enero de 2008]. Disponible en Internet: [www.fluke.nl/comx/show\\_product.aspx?type=16&pid=35669&locale=mxes](http://www.fluke.nl/comx/show_product.aspx?type=16&pid=35669&locale=mxes)

Catalogo Iluminación Philips. [En línea]. Netherlands: Koninklijke Philips Electronics N.V., 2007. [Consultado 16 de Noviembre de 2007]. Disponible en Internet: [http://www.luz.philips.com/portalProductList.do?par=897:1\\_2\\_7:465:556:897](http://www.luz.philips.com/portalProductList.do?par=897:1_2_7:465:556:897)

Catalogo Iluminación Philips. [En línea]. Netherlands: Koninklijke Philips Electronics N.V., 2007. [Consultado 16 de Noviembre de 2007]. Disponible en Internet: [http://www.luz.philips.com/portalProductList.do?par=896:1\\_2\\_6:465:556:896](http://www.luz.philips.com/portalProductList.do?par=896:1_2_6:465:556:896)

Catalogo AEMC Instruments. [En línea]. Francia: Chauvin Arnoux Group, 2001. [Consultado 03 de Diciembre de 2007]. Disponible en Internet: [www.chauvin-arnoux.es](http://www.chauvin-arnoux.es).

Divulgación Energética en Internet. [En línea]. España: Mundo Energía, 2008. [Consultado 15 de Abril de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.mundoenergia.com/content/view/60/36/1/7/>

DUGAN, Roger C; MCGRANAGHAN, Mark F. Electrical power systems quality USA: McGraw - Hill, 1996. 260 p.

Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica. [En línea]. México: Fide, 2008. [Consultado 24 de Abril de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.fide.org.mx/>

FlukeView SW43W PQ Analyzer software version 3.10 for windows 2000/XP. [CD-ROM]. Netherlands: Fluke Corporation, 2005.

IEEE Bronze Book. Energy Management IEEE std 739-1995. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineer, 1996. 384 p.

Luminotecnia. Enciclopedia CEAC de Electricidad. Barcelona: Ediciones CEAC, 1986. 235 p.

MEDINA, Giovanny. Diagnostico Energético. Santiago de Cali, 2006. 250 p. Trabajo de grado (Ingeniero Industrial). Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingenierías.

Memorias I congreso Internacional sobre uso racional y eficiente de la energía CIUREE, 2004. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente, 2004. 391 p.

Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas. [En línea]. Colombia: CIDET, 2004. [Consultado 17 de Diciembre de 2007]. Disponible en Internet: [www.cidet.com.co/pdf/Anexo\\_RETIE.pdf](http://www.cidet.com.co/pdf/Anexo_RETIE.pdf)

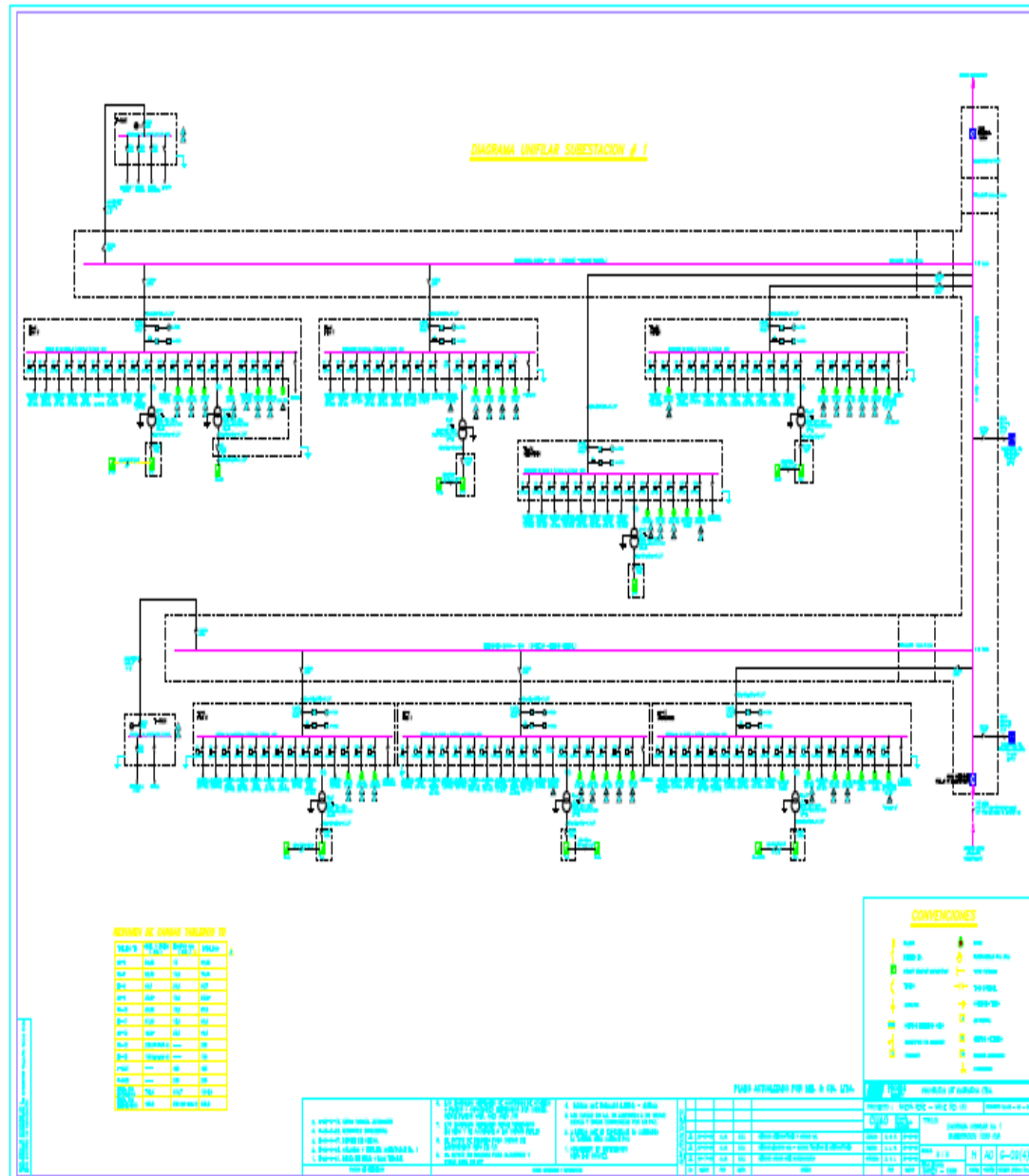
ROGER, Dugan. Electrical Power System Quality. Madrid: Mc Graw Hill, 1996. 450 p.

Secretaria del Senado Republica de Colombia. [En línea]. Colombia: Republica de Colombia, 2005. [Consultado 22 de Mayo de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.secretariasenado.gov.co>

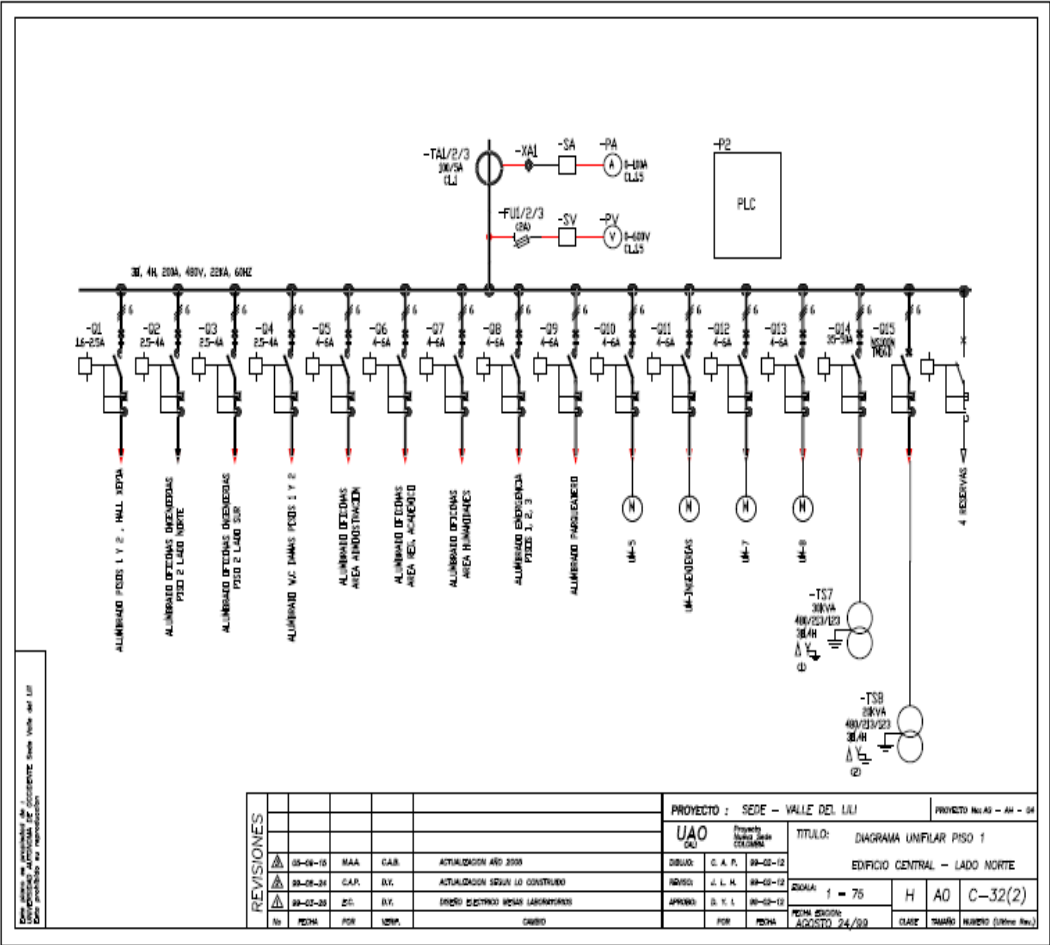
WULFINGHOFF, Donal R. Energy Efficiency Manual. USA: Energy Institute Press, 1999. 1531 p.

## ANEXOS

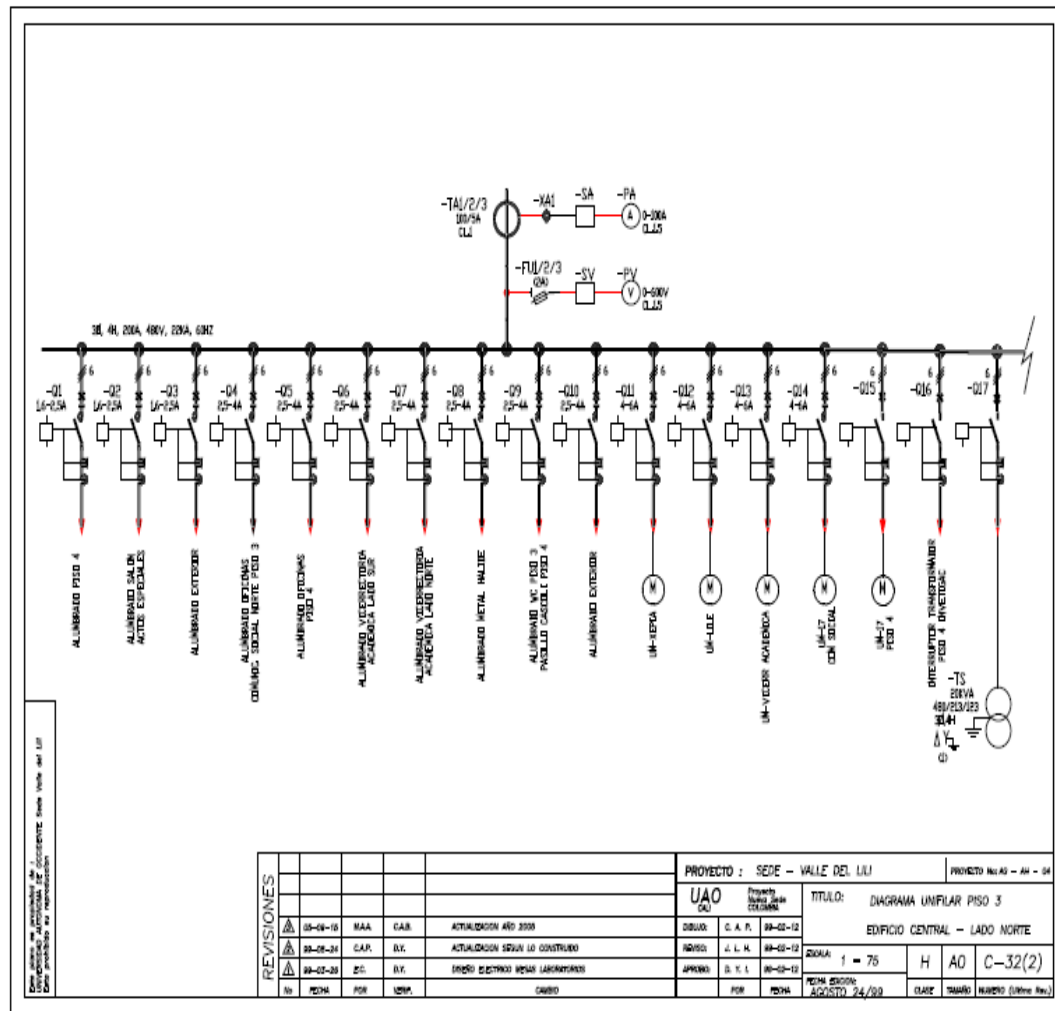
## Anexo A. Diagrama unifilar subestación 1



Anexo B. Diagrama unifilar piso 1 ala norte



### Anexo C. Diagrama unifilar piso 3 ala norte



## **Anexo D. Terminología usada en calidad de energía**

**Armónico:** Onda Senoidal de tensión o corriente cuya frecuencia es múltiplo entero de la frecuencia fundamental del sistema.

**Calidad de Energía:** IEEE 1159-95 define: “el termino se refiere a una amplia variedad de fenómenos electromagnéticos que caracterizan la tensión y la corriente eléctricas, en un tiempo dado y en un sitio definido del sistema de potencia”.

La Resolución 070 de 1998 de la **CREG** define: “El termino de la calidad de potencia suministrada se refiere a las perturbaciones y variaciones de estado estacionario de la tensión y corriente suministrada por el OR (Operador de Red). El termino Calidad del servicio suministrado se refiere a los criterios de confiabilidad del servicio”.

**Carga No Lineal:** carga en la cual la forma de onda de corriente en estado estable no sigue la forma de onda de la tensión aplicada, debido a que su impedancia varia durante el ciclo de entrada de la forma de onda de voltaje.

**Desbalance de Tensión:** Máxima desviación del promedio de la Tensión Trifásica dividido por el promedio de la tensión, expresada en porcentaje.

**Distorsión de la forma De Onda:** Desviación de la señal de tensión o corriente respecto de la onda Senoidal ideal.

**Factor de Cresta:** Relación entre el valor pico de la onda y el valor RMS de la misma.

**Filtro de Armónicos:** Dispositivo formado por resistencia, inductancia y capacitancia con el objeto de filtrar o drenar una o varias componentes armónicas presentes en un sistema eléctrico.



**Flicker:** Inestabilidad visual, sensación producida por estímulos de luz cuya luminancia o distribución espectral fluctúa con el tiempo.

**Inmunidad:** Capacidad de un sistema para continuar operando satisfactoriamente al estar sometidos a perturbaciones electromagnéticas.

**Notche:** Perturbación originada por la operación de equipos electrónicos de potencia (rectificadores de 6 – 12 pulsos), sobre la onda de tensión, cuando la corriente es conmutada de una fase a otra.

**SAG:** Variación de corta duración, específicamente disminución del valor RMS de la señal de voltaje o corriente a la frecuencia del sistema, con duración típica entre 0.5 Ciclos – 1 Minuto y magnitud entre 0.1 – 0.9 p.u. Se clasifican en Instantáneas, Momentáneas y Temporales de acuerdo a su duración y magnitud.

**Sobre tensión (OverVoltage):** Variación de larga duración que incrementa el valor RMS de la señal de voltaje a la frecuencia del sistema, con duración > 1 minuto y magnitud entre 1.1 – 1.2 p.u.

**Susceptibilidad:** Capacidad de un equipo eléctrico o electrónico para generar una respuesta no deseada cuando es sometido a una perturbación electromagnética.

**Subtensión (UnderVoltage):** Variación de larga duración que disminuye el valor RMS de la señal de voltaje a la frecuencia del sistema, con duración típica > 1 minuto y magnitud entre 0.8 – 0.9 p.u.

**Swell:** Variación de corta duración, específicamente el incremento del valor RMS de la señal de voltaje o corriente a la frecuencia del sistema, con duración típica entre 0.5 Ciclos – 1 Minuto y magnitud entre 1.1 – 1.8 p.u. Se clasifican en Instantáneas, Momentáneas y Temporales de acuerdo a su duración y magnitud.

**Voltaje RMS:**  $V_{rms} = 70.7 \% \text{ Voltaje Pico.}$

**Voltaje Promedio:**  $V_{average} (\frac{1}{2} \text{ Ciclo}) = 63.7\% \text{ Voltaje Pico.}$

**Voltaje Pico-Pico:**  $2 \times V_{pico}$

## **Anexo E. Fuentes generadoras de armónicos**

- 1 Variadores de Velocidad ajustables
- 2 Hornos de Arco para fundición de acero
- 3 Soldadores
- 4 Motores DC
- 5 Motores AC con control de velocidad
- 6 Puentes Rectificadores
- 7 Fuentes de Alimentación conmutada
- 8 UPS's
- 9 Rectificadores DC para procesos Químicos.
- 10 Rectificadores de Arco de Mercurio
- 11 Lámparas Fluorescentes, Sodio o Mercurio con balasto electrónico.
- 12 Diodos
- 13 Tiristores
- 14 Transformadores saturados
- 15 Convertidores de Frecuencia
- 16 Cargadores de Batería
- 17 Cualquier carga que cause distorsión en la onda Senoidal.

**Efectos de los Armónicos.** El grado de tolerancia a los armónicos esta determinado por la susceptibilidad de la carga o de la fuente de potencia, entre los principales efectos de los armónicos de Voltaje y Corriente en un sistema de potencia está:

- 1 Aumento de la probabilidad de existencia de sobre corrientes por resonancias serie y paralelo.
- 2 Reducción de la eficiencia en generación, transmisión y distribución.

- 3 Envejecimiento del aislamiento de los componentes de una planta y reducción de su vida útil.
- 4 Incorrecta operación de equipos de regulación, de protección, de tarificación (perdidas negras).
- 5 Incremento de perdidas activas.
- 6 Incremento de ruido y vibración en maquinas rotativas.
- 7 Todos los efectos económicos, de seguridad, de producción, etc. que originan las suspensiones, salidas de circuito, daños en equipos ocasionadas por un nivel alto de armónicos en un sistema de potencia.

### **Mitigación de Armónicos**

- Filtros Armónicos, clasificados en Serie, Paralelo, Activos (compensación armónica en contrafase – espejos), Pasivos (valores fijos).
- De rateo de Transformadores.
- De rateo de Conductores (Fases y Neutro).
- Relocalización de cargas y equipos.
- Balanceo de cargas.
- Actualización de Equipos: reemplazo gradual de equipos generadores de armónicos por equipos con tecnología de punta que incluyen filtros que controlan una buena parte de los armónicos que generan, sin inyectarlos a la red.
- Mallas de Tierra en buen estado.

## Anexo F. Niveles de iluminancia, adoptados de la norma iso 8995.

	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
	Min.	Medio	Máx.
<b>Áreas generales en las construcciones</b> Áreas de circulación, corredores Escaleras, escaleras mecánicas Vestidores, baños. Almacenes, bodegas.	50 100 100 100	100 150 150 150	150 200 200 200
<b>Talleres de ensamble</b> Trabajo pesado, montaje de maquinaria pesada Trabajo intermedio, ensamble de motores, ensamble de carrocerías de automóviles Trabajo fino, ensamble de maquinaria electrónica y de oficina Trabajo muy fino, ensamble de instrumentos	200 300 500 1000	300 500 750 1500	500 750 1000 2000
<b>Procesos químicos</b> Procesos automáticos Plantas de producción que requieren intervención ocasional Áreas generales en el interior de las fábricas Cuartos de control, laboratorios. Industria farmacéutica Inspección Balanceo de colores Fabricación de llantas de caucho	50 100 200 300 300 500 750 300	100 150 300 500 500 750 1000 500	150 200 500 750 750 1000 1500 750
<b>Fábricas de confecciones</b> Costura Inspección Prensado	500 750 300	750 1000 500	1000 1500 750
<b>Industria eléctrica</b> Fabricación de cables Ensamble de aparatos telefónicos Ensamble de devanados Ensamble de aparatos receptores de radio y TV Ensamble de elementos de ultra precisión componentes electrónicos	200 300 500 750 1000	300 500 750 1000 1500	500 750 1000 1500 2000
<b>Industria alimenticia</b> Áreas generales de trabajo Procesos automáticos Decoración manual, inspección	200 150 300	300 200 500	500 300 750
<b>Fundición</b> Pozos de fundición Moldeado basto, elaboración basta de machos Moldeo fino, elaboración de machos, inspección	150 200 300	200 300 500	300 500 750
<b>Trabajo en vidrio y cerámica</b> Zona de hornos Recintos de mezcla, moldeo, conformado y estufas	100 200 00	150 300 500	200 500 750

Terminado, esmaltado, envidriado Pintura y decoración Afilado, lentes y cristalería, trabajo fino	500 750	750 1000	1000 1500
	<b>NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)</b>		
	<b>Min.</b>	<b>Medio</b>	<b>Máx.</b>
<b>Trabajo en hierro y acero</b> Plantas de producción que no requieren intervención manual Plantas de producción que requieren intervención ocasional Puestos de trabajo permanentes en plantas de producción Plataformas de control e inspección	50 100 200 300	100 150 300 500	150 250 500 750
<b>Industria del cuero</b> Áreas generales de trabajo Prensado, corte, costura y producción de calzado Clasificación, adaptación y control de calidad	200 500 750	300 750 1000	500 1000 1500
<b>Taller de mecánica y de ajuste</b> Trabajo ocasional Trabajo basto en banca y maquinado, soldadura Maquinado y trabajo de media precisión en banco, máquinas generalmente automáticas Maquinado y trabajo fino en banco, máquinas automáticas finas, inspección y ensayos Trabajo muy fino, calibración e inspección de partes pequeñas muy complejas	150 200 300  500 1000	200 300 500  750 1500	300 500 750  1000 2000
<b>Talleres de pintura y casetas de rociado</b> Inmersión, rociado basto Pintura ordinaria, rociado y terminado Pintura fina, rociado y terminado Retoque y balanceo de colores	200 300 500 750	300 500 750 1000	500 750 1000 1500
<b>Fábricas de papel</b> Elaboración de papel y cartón Procesos automáticos Inspección y clasificación	200 150 300	300 200 500	500 300 750
<b>Trabajos de impresión y encuadernación de libros</b> Recintos con máquinas de impresión Cuartos de composición y lecturas de prueba Pruebas de precisión, retoque y grabado Reproducción del color e impresión Grabado con acero y cobre Encuadernación Decoración y estampado	300 500 750 1000 1500 300 500	500 750 1000 1500 2000 500 750	750 1000 1500 2000 3000 750 1000
<b>Industria textil</b> Rompimiento de la paca, cardado, hilado Giro, embobinamiento, enrollamiento peinado, tintura Balanceo, rotación (conteos finos) entretejido, tejido Costura, desmoteo, inspección	200 300 500 750	300 500 750 1000	500 750 1000 1500
<b>Talleres de madera y fábricas de muebles</b> Aserraderos Trabajo en banco y montaje Maquinado de madera Terminado e inspección final	150 200 300 500	200 300 500 750	300 500 750 1000
<b>Oficinas</b> Oficinas de tipo general, mecanografía y computación Oficinas abiertas	300 500 500	500 750 750	750 1000 1000

Oficinas de dibujo Salas de conferencia	300	500	750
	<b>NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)</b>		
	<b>Min.</b>	<b>Medio</b>	<b>Máx.</b>
<b>Hospitales</b>			
<i>Salas</i>	50	100	150
Iluminación general	200	300	500
Examen	150	200	300
Lectura	3	5	10
Circulación nocturna			
<i>Salas de examen</i>	300	500	750
Iluminación general	750	1000	1500
Inspección local			
<i>Terapia intensiva</i>	30	50	100
Cabecera de la cama	200	300	500
Observación	200	300	500
Estación de enfermería			
<i>Salas de operación</i>	500	750	1000
Iluminación general	10000	30000	100000
Iluminación local			
<i>Salas de autopsia</i>	500	750	1000
Iluminación general	5000	10000	15000
Iluminación local			
<i>Consultorios</i>	300	500	750
Iluminación general	500	750	1000
Iluminación local			
<i>Farmacia y laboratorios</i>	300	400	750
Iluminación general	500	750	1000
Iluminación local			
<b>Almacenes</b>			
<i>Iluminación general:</i>	500	750	
En grandes centros comerciales	300	500	
Ubicados en cualquier parte	500	750	
Supermercados			
<b>Colegios</b>			
<i>Salones de clase</i>	300	500	750
Iluminación general	300	500	750
Tableros para emplear con tizas	500	750	1000
Elaboración de planos			
<i>Salas de conferencias</i>	300	500	750
Iluminación general	500	750	1000
Tableros	500	750	1000
Bancos de demostración	300	500	750
<i>Laboratorios</i>	300	500	750
<i>Salas de arte</i>	300	500	750
<i>Talleres</i>	150	200	300
<i>Salas de asamblea</i>			